



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil

**LOCALIZACIÓN DE PREDIOS EN RIESGO EN LA ALDEA EL PUEBLITO UTILIZANDO EL
SOFTWARE QGIS Y DISEÑO DE CARRETERA EN LA ALDEA PIEDRA PARADA EL
ROSARIO, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

Alvaro Daniel Gómez López

Asesorado por el Ing. Juan Carlos Garrido López

Guatemala, noviembre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**LOCALIZACIÓN DE PREDIOS EN RIESGO EN LA ALDEA EL PUEBLITO UTILIZANDO EL
SOFTWARE QGIS Y DISEÑO DE CARRETERA EN LA ALDEA PIEDRA PARADA EL
ROSARIO, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALVARO DANIEL GÓMEZ LÓPEZ
ASESORADO POR EL ING. JUAN CARLOS GARRIDO LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

LOCALIZACIÓN DE PREDIOS EN RIESGO EN LA ALDEA EL PUEBLITO UTILIZANDO EL SOFTWARE QGIS Y DISEÑO DE CARRETERA EN LA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 3 de octubre de 2016.



Alvaro Daniel Gómez López

Guatemala, abril de 2017

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Reciba usted un cordial saludo esperando que todas sus actividades sean exitosas.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Alvaro Daniel Gómez López** quien se identifica con CUI **2318 16146 1603** y registro académico **2012 13288**, de la carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final cuyo título es: **LOCALIZACIÓN DE PREDIOS EN RIESGO EN LA ALDEA EL PUEBLITO UTILIZANDO EL SOFTWARE QGIS Y DISEÑO DE CARRETERA EN LA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA.**

En tal virtud, considero que el mismo cumple con los requisitos necesarios para su aprobación, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, atentamente:


Ing. Juan Carlos Garrido López
Colegiado 4,438

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



Guatemala, 03 de mayo de 2017
REF.EPS.DOC.340.05.17

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:


Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Alvaro Daniel Gómez López**, **Registro Académico 201213288** y **CUI 2318 16146 1603**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **LOCALIZACIÓN DE PREDIOS EN RIESGO EN LA ALDEA EL PUEBLITO UTILIZANDO EL SOFTWARE QGIS Y DISEÑO DE CARRETERA EN LA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA.**

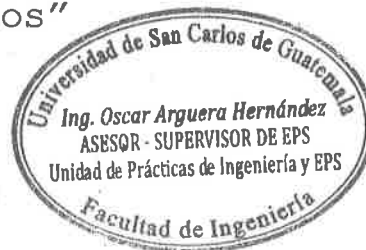
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Oscar Argueta Hernández
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
OAH/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala, 6 de septiembre de 2017

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **"LOCALIZACIÓN DE PREDIOS EN RIESGO EN LA ALDEA EL PUEBLITO UTILIZANDO EL SOFTWARE QGIS Y DISEÑO DE CARRETERA EN LA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA"** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Alvaro Daniel Gómez López con registro académico 201213288 y CUI 2318 16146 1603, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Carlos Garrido López.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC



Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
06 de octubre de 2017

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **LOCALIZACIÓN DE PREDIOS EN RIESGO EN LA ALDEA EL PUEBLITO UTILIZANDO EL SOFTWARE QGIS Y DISEÑO DE CARRETERA EN LA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Alvaro Daniel Gómez López, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Carlos Garrido López

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. civil, Guillermo Francisco Melini Salguero
Asesor y Jefe Del Departamento de Planeamiento



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
PLANEAMIENTO
USAC

/mrrm.



Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua



Guatemala, 9 de octubre de 2017

REF.EPS.DOC.397.10.17

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

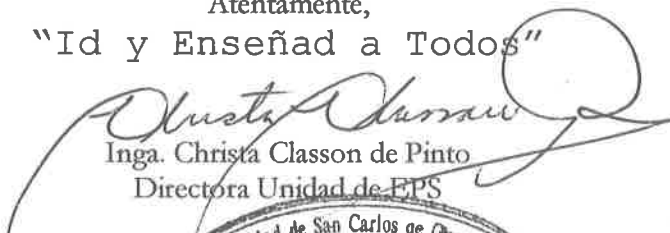
Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **LOCALIZACIÓN DE PREDIOS EN RIESGO EN LA ALDEA EL PUEBLITO UTILIZANDO EL SOFTWARE QGIS Y DISEÑO DE CARRETERA EN LA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Alvaro Daniel Gómez López, Registro Académico 201213288 y CUI 2318 16146 1603**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Oscar Argueta Hernández.

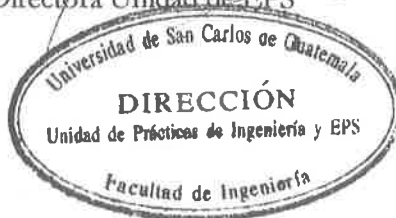
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por el Asesor-Supervisor, y en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Carlos Garrido López y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Alvaro Daniel Gómez López titulado **LOCALIZACIÓN DE PREDIOS EN RIESGO EN LA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre
/mrrm.



Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua



Ref.DTG.D.568.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **LOCALIZACIÓN DE PREDIOS EN RIESGO EN LA ALDEA EL PUEBLITO UTILIZANDO EL SOFTWARE QGIS Y DISEÑO DE CARRETERA EN LA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Alvaro Daniel Gómez López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar P. 
Decano



Guatemala, noviembre de 2017

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres	Alvaro Gómez y Vilma López.
Mis hermanos	Vivian y Luis Miguel Gómez López.
Mi abuelita	Con mucho cariño y admiración.
Familia en general	Con mucho cariño.
Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos	Con mucha gratitud.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres

Por todo el amor y apoyo brindado durante esta vida el cual me ha facilitado alcanzar este triunfo que nos pertenece a los tres.

Mi familia

Por su apoyo incondicional y siempre esperar lo mejor de mí.

Mis amigos

Por compartir conmigo todos esos momentos de alegría que me motivaron a continuar con lo que me he propuesto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. MONOGRAFÍA Y GENERALIDADES	1
1.1. Aspectos históricos y culturales.....	1
1.1.1. Historia	1
1.1.2. Cultura e identidad.....	1
1.1.3. Etimología.....	2
1.1.4. Idiomas	3
1.1.5. Fiesta patronal	3
1.1.6. Lugares sagrados y sitios arqueológicos	3
1.2. Aspectos físicos.....	4
1.2.1. Vías de acceso al municipio	4
1.2.2. Geografía (ubicación y localización)	4
1.2.3. Clima	5
1.2.4. Orografía.....	6
1.2.5. Hidrografía.....	6
1.2.6. Demografía.....	8
1.3. Aspectos económicos.....	8
1.3.1. Principales actividades de la economía del municipio.....	8
1.4. Aspectos ambientales.....	9

1.4.1.	Flora	9
1.4.2.	Fauna	10
1.4.3.	Suelo predominante del municipio.....	12
1.4.4.	Ponderación de riesgo.....	13
1.5.	Aspectos políticos.....	14
1.5.1.	Gestión y gobernabilidad municipal	14
1.5.2.	Organización ciudadana	15
2.	FASE DEL EJERCICIO TECNICO-PROFESIONAL	17
2.1.	Localización de predios en riesgo en la aldea el pueblito utilizando el software QGIS, Santa Catarina Pinula, Guatemala.....	17
2.1.1.	Descripción del proyecto	17
2.1.1.1.	Alcances del proyecto.....	17
2.1.2.	Gestión de riesgo.....	18
2.1.2.1.	Desastres.....	18
2.1.2.2.	Riesgo	19
2.1.2.3.	Amenaza.....	20
2.1.2.4.	Vulnerabilidad	20
2.1.3.	Recopilación de información.....	20
2.1.3.1.	Reconocimiento de la aldea el Pueblito.....	21
2.1.3.2.	Identificación de áreas de riesgo	22
2.1.3.3.	Evaluaciones	23
2.1.3.3.1.	Datos personales.....	24
2.1.3.3.2.	Ubicación de la vivienda	24
2.1.3.3.3.	Evento	26

2.1.3.3.4.	Propiedad de la vivienda	31
2.1.3.3.5.	Descripción de la estructura.....	31
2.1.3.3.6.	Condiciones de la estructura con relación al terreno.....	39
2.1.3.3.7.	En caso de inundación	43
2.1.3.3.8.	Condiciones del sitio.....	44
2.1.3.3.9.	Descripción del daño estructural.....	46
2.1.3.3.10.	Condición de seguridad.....	48
2.1.3.3.11.	Criterios para estimar una nueva edificación del sitio.	49
2.1.3.3.12.	Aspectos sociales.....	51
2.1.3.3.13.	Existencia de muros especiales	52
2.1.4.	Digitalización de información	52
2.1.4.1.	Sistemas de información geográfica (GIS)	52
2.1.4.2.	QGIS.....	53
2.1.4.3.	Metadatos	53
2.1.4.4.	Tabla de atributos	54
2.1.4.5.	Delimitación de predios en riesgo	55
2.1.4.6.	Creación de capas	56
2.1.4.7.	Gráfica y estadística	56

2.1.5.	Mapas.....	69
3.	DISEÑO DE CARRETERA EN ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA	71
3.1.	Descripción del proyecto	71
3.1.1.	Alcances del proyecto.....	71
3.1.2.	Preliminar de campo	72
3.1.3.	Selección de ruta	72
3.1.4.	Clasificaciones de rutas.....	73
3.1.4.1.	Clasificación en función de volumenes de tránsito.....	73
3.1.4.1.1.	Transito Promedio Diario	74
3.1.4.2.	Clasificación por topografía del terreno	75
3.1.5.	Velocidad de diseño	76
3.2.	Levantamiento topográfico	78
3.2.1.	Planimetría.....	79
3.2.2.	Altimetría.....	79
3.3.	Estudios de suelo	79
3.3.1.	Ensayo de compactación Proctor modificado	80
3.3.2.	Valor Soporte California (CBR).....	81
3.3.3.	Límites de Atterberg	83
3.3.4.	Granulometría.....	84
3.4.	Diseño geométrico horizontal de carretera	86
3.4.1.	Curvas circulares simples	86
3.4.1.1.	Ejemplo de cálculo de curva circular simple	88

3.4.2.	Curvas de transición	89
3.4.3.	Peralte	90
3.4.4.	Sobre ancho	91
3.4.5.	Bombeo	93
3.5.	Diseño geométrico vertical de carretera	93
3.5.1.	Perfil natural del terreno	94
3.5.2.	Proyección de subrasante	95
3.5.3.	Tangentes verticales.....	95
3.5.4.	Curvas verticales	96
3.5.5.	Criterio de apariencia.....	99
3.5.6.	Criterio de comodidad.....	100
3.5.7.	Criterio de drenaje	101
3.5.8.	Criterio de seguridad	101
3.6.	Diseño de carpeta de rodadura	105
3.6.1.	Cálculo de ESAL de diseño	105
3.6.2.	Parámetros de diseño de pavimento flexible	112
3.6.3.	Estructura del pavimento.	117
3.6.3.1.	Sub base	118
3.6.3.2.	Base	118
3.6.3.3.	Carpeta de rodadura.....	119
3.6.4.	Cálculo de espesores de estructura del pavimento	119
3.7.	Movimientos de tierras.....	121
3.7.1.	Secciones transversales	121
3.7.2.	Cálculo de movimiento de tierras.....	122
3.8.	Drenajes	124
3.8.1.1.	Método racional	125
3.8.2.	Diseño de drenaje longitudinal.....	127

3.8.3.	Drenaje transversal.....	129
3.8.4.	Pozos de visita.....	130
3.9.	Presupuesto	131
CONCLUSIONES		135
RECOMENDACIONES		137
BIBLIOGRAFÍA		139
APÉNDICES		141
ANEXOS		161

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación y localización del municipio de Santa Catarina Pinula.....	5
2.	Ubicación de la aldea el Pueblito	21
3.	Área de riesgo en la aldea el Pueblito.....	23
4.	Símbolo de deslizamiento en evaluación	27
5.	Símbolo de inundación en evaluación.....	28
6.	Símbolo de sismo en evaluación.....	29
7.	Símbolo de evento volcánico en evaluación	30
8.	Símbolo de viento fuerte en evaluación	31
9.	Símbolo de asentamiento diferencial o hundimiento.....	40
10.	Símbolo de corrimiento de suelo	41
11.	Símbolo de agrietamiento de suelo.....	42
12.	Símbolo de deslizamiento o movimiento de ladera	42
13.	Símbolo de falla o colapso de talud	43
14.	Gráfico de nivel de inundación y fuerza de corriente.....	44
15.	Condiciones del sitio	45
16.	Gráfica de predios en riesgo	57
17.	Gráfica de propiedad de la vivienda.....	57
18.	Gráfica de uso de inmuebles.....	58
19.	Gráficas de acceso a servicios básicos.....	59
20.	Configuración estructural de las viviendas	60
21.	Viviendas con daños anteriores	60
22.	Material predominante en el techo de las viviendas.....	61
23.	Material del piso interior de la vivienda	62

24.	Material predominante en muros de vivienda.....	62
25.	Gráfica de la condición de la estructura respecto al terreno	63
26.	Gráfica de condición de sitio	64
27.	Gráfica de desplome de paredes	64
28.	Gráfica de viviendas con grietas en estructura	65
29.	Gráfica de hundimientos en estructuras de vivienda.....	65
30.	Gráfica de porcentaje de daño global en viviendas.....	66
31.	Gráfica de tipo de visita especializada en predio	67
32.	Gráfica de nivel de habitabilidad de las viviendas.....	68
33.	Gráfica de medidas de seguridad para predios.....	68
34.	Gráfica de factores que determinan la inestabilidad del terreno evaluado.....	69
35.	Ruta de la carretera de la aldea Piedra Parada el Rosario	73
36.	Lugares donde se extrajeron muestras para estudios de suelo	80
37.	Partes de una curva	87
38.	Perfil natural de terreno donde pasará la carretera en aldea Piedra Parada El Rosario	95
39.	Tipos de curvas verticales.....	97
40.	Partes de una curva vertical.....	98
41.	Gráfica para determinar SN	114
42.	Coeficiente de capa asfáltica (a_1).....	116
43.	Coeficiente de capa base (a_2)	117
44.	Ejemplo de sección transversal.....	122
45.	Cronograma de ejecución	131

TABLAS

I.	Metadatos de ubicación de vivienda	54
II.	Resultados del TPD por tipo de vehículo en vpd	75
III.	Clasificación del tipo de terreno de acuerdo las pendientes naturales	76
IV.	Velocidades de diseño en kilómetros por hora, en función de los volúmenes de tránsito y la topografía del terreno.	77
V.	Resultados de ensayo Proctor Modificado	81
VI.	Resultados de CBR para muestra 1	82
VII.	Resultados de CBR para muestra 2.....	83
VIII.	Resultados de ensayo de Límites de Atterberg.....	84
IX.	Resultado de ensayo de Granulometría.....	85
X.	Radios mínimos de curva.....	88
XI.	Valores de K respecto a la velocidad de diseño.....	99
XII.	Criterios de curvas verticales	104
XIII.	Propiedades de curvas verticales	104
XIV.	Periodo de diseño según tipo de carretera.....	106
XV.	Rangos de serviciabilidad según la condición.....	107
XVI.	Factor camión	109
XVII.	Cálculo de ESAL	110
XVIII.	Factor de distribución por dirección (FD)	111
XIX.	Factor de distribución por carril (FC).....	111
XX.	Valores de confiabilidad	112
XXI.	Desviación estándar por tipo de pavimento	113
XXII.	Coeficiente de drenaje	115
XXIII.	Parámetro de diseño de pavimento	120

XXIV.	Volúmenes de corte y relleno de suelo	124
XXV.	Coeficientes de escorrentía usados en Guatemala.....	126
XXVI.	Presupuesto de ejecución de proyecto	131

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Δ	Ángulo de deflexión
K	Coeficiente angular de curva
Cos	Coseno
Cm	Cuerda máxima
E	External
LEF	Factores equivalentes de carga
°	Grados
°C	Grados centígrados
G	Grado de curvatura
km	Kilómetro
kph	Kilómetros por hora
lb	Libras
Lc	Longitud de curva
LCV	Longitud de curva vertical
m	Metro
'	Minuto
mm	Milímetro
Msnm	Metros sobre nivel del mar
NE	Noreste
N	Norte
SN	Número estructural
O	Oeste
OM	Ordenada media (curvas verticales)

M	Ordenada media (curvas horizontales)
P1	Pendiente de entrada
P2	Pendiente de salida
PC	Punto de inicio de curva
PCV	Principio de curva vertical
PI	Punto de intersección de tangentes
PIV	Punto de intersección de tangentes verticales
PT	Punto de inicio de tangente
PTV	Principio de tangente vertical
R	Radio
“	Segundo
Sen	Seno
SO	Suroeste
St	Subtangente
Tan	Tangente
TDP	Tránsito promedio diario
Vpd	Vehículos por día

GLOSARIO

Acueducto	Es un sistema o conjunto de sistemas de irrigación que permite transportar agua en forma de flujo continuo, desde un lugar en el que está accesible en la naturaleza hasta un punto de consumo distante.
Aforo	Es una muestra de los volúmenes para el periodo en el que se realiza y tienen por objetivo cuantificar el número de vehículos que pasan por un punto.
AASHTO	La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes o por sus siglas en inglés AASHTO, de American Association of State Highway and Transportation Officials es un órgano que establece normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados Unidos.
Cota	Altura que presenta un punto sobre un plano horizontal que se usa como referencia.
Estación total	Aparato electro-óptico utilizado en topografía cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un

	distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.
Fuerza centrífuga	Es una fuerza ficticia que aparece cuando se describe el movimiento de un cuerpo en un sistema de referencia en rotación o equivalentemente la fuerza aparente que percibe un observador no inercial que se encuentra en un sistema de referencia rotatorio.
Ladera	Declive lateral de un monte o una montaña cuya pendiente es el ángulo que forma con la horizontal.
Pendiente	La inclinación de un elemento lineal, natural o constructivo respecto de la horizontal.
Subrasante	Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.
Tangentes	La tangente a una curva en uno de sus puntos, es una recta que toca a la curva en el punto dado.
Tipología	Se encarga en diversos campos de estudio de realizar una clasificación de diferentes elementos.
Topografía	Es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se desarrollan dos proyectos; el primero consiste en la localización de predios en riesgo de la aldea El Pueblito utilizando sistemas de información geográfica y el segundo el diseño de la carretera de la aldea Piedra Parada El Rosario, ambos proyectos en el municipio de Santa Catarina Pinula.

En el primer capítulo se desarrolla la fase de investigación que constituye la caracterización del municipio de Santa Catarina Pinula, que pertenece al departamento de Guatemala, dando a conocer aspectos históricos y culturales, físicos, económicos, ambientales y políticos.

En el segundo capítulo se desarrolla la fase de servicio técnico profesional que establece los principales puntos que intervinieron en el desarrollo del proyecto de localización de predios en riesgo en la aldea El Pueblito como la evaluación que se realizó en cada predio y los factores que se tomaron en cuenta para luego representar de forma gráfica la distribución espacial.

El tercer capítulo muestra la fase de servicio técnico profesional del diseño de la carretera de la aldea Piedra Parada El Rosario estableciendo los principales puntos que intervienen como la topografía, los principales estudios de suelos que deben realizarse en proyectos de pavimentación, las bases para un buen diseño geométrico de carreteras, el método AASHTO para diseño de pavimentos flexibles, así como todo lo relacionado con el diseño del drenaje pluvial, presupuestos y planos que forman parte del anexo final de este documento.

OBJETIVOS

General

Realizar una localización de predios en riesgo en la aldea El Pueblito utilizando el software QGIS y diseñar la carretera en la aldea Piedra Parada El Rosario del municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala.

Específicos

1. Realizar la monografía del municipio de Santa Catarina Pinula que permita delimitar las prioridades para definir los proyectos a realizar.
2. Establecer de forma gráfica la distribución de riesgo en la aldea El Pueblito por medio de mapas con ayuda de sistemas de información geográfica.
3. Realizar estudios y pruebas de laboratorio para obtener un diseño adecuado y elaborar planos, presupuestos, cronograma y la evaluación ambiental para la carretera de la aldea Piedra Parada El Rosario.

INTRODUCCIÓN

Como futuros profesionales egresados de la Universidad de San Carlos de Guatemala es importante contribuir con el desarrollo de proyectos utilizando los conocimientos técnicos adquiridos durante la carrera es por ello que el Ejercicio Profesional Supervisado es uno de los primeros acercamientos de los futuros profesionales con las municipalidades, las cuales tiene el compromiso de velar por la calidad de vida de cada uno de los habitantes del municipio.

Las necesidades a atender están orientadas a la comunicación mediante el diseño de una carretera para uno de los accesos a Santa Catarina Pinula. Dicho proyecto beneficia directamente a la población de la aldea Piedra Parada El Rosario. Esta carretera se diseñó tratando de cumplir con la mayor cantidad de especificaciones técnicas posibles para garantizar un diseño de calidad, cómodo, seguro y estético para las personas que transiten por ella y de esta forma mejorar la movilidad hacia la ciudad de Guatemala.

También se llevó a cabo una localización de predios en riesgo en la aldea El Pueblito ya que son varias familias las que se encuentra viviendo en condiciones pocas seguras para su integridad física, por lo que se realizó un levantamiento de información para luego ser ubicado dentro de una fotografía satelital con ayuda de un sistema de información geográfica llamado QGIS.

1. MONOGRAFÍA Y GENERALIDADES

1.1. Aspectos históricos y culturales

Como cada uno de los municipios del departamento de Guatemala, Santa Catarina Pinula también cuenta con una historia muy interesante y cultural.

1.1.1. Historia

Los anales históricos de Santa Catarina Pinula tienen su origen varias centurias previas a la llegada del Conquistador Pedro de Alvarado. Su posición geográfica en coyuntura histórica con factores étnicos es la que algunos cronistas aducen sea la incidencia por la que Alvarado tuvo contactos con los primeros habitantes.

Pasados los enfrentamientos de la conquista de Guatemala y al estar ubicada la capital de la colonia en el Valle de Panchoy, hoy Antigua Guatemala, lo que actualmente es Santa Catarina Pinula pertenecía al corregimiento del Valle (hoy la ciudad de Guatemala o Nueva Guatemala de la Asunción, en el valle de la Ermita).

1.1.2. Cultura e identidad

Santa Catarina Pinula es el resultado de un engranaje sociológico nacido poco más o menos trecientos años antes de que se concretara la conquista en

PORRES VELÁSQUEZ, Edgar Lizardo *Santa Catarina Pinula, El municipio que está avanzando*. 124 p.

1524. A pesar que en el territorio municipal no hay grandes vestigios arqueológicos que lo demuestren, porque parece que la población indígena tenía poco tiempo de haberse desplazado del altiplano. Remanentes étnicos de la etnia pokoman pudieron haber sido sus primeros habitantes, el análisis de su urdimbre costumbrista y folklórica es el resultado de la misma castellanización y evangelización, instauradas con mayor fuerza a mediados del Siglo XVI.

1.1.3. Etimología

La historia de Santa Catarina Pinula se remonta desde la época prehispánica cuando los indígenas de ese entonces fundaron el pueblo de Pankaj o Pinula. El pueblo debe su nombre a la lengua indiana pancac, cuyo significado etimológico es: pan que significa dentro o entre, y cac que tiene 3 significados, el primero, fuego, el segundo nigua y el tercero guayaba. Se puede suponer que el significado que corresponde es entre guayabas.

Durante la conquista los españoles trajeron muchos indígenas mexicanos, quienes trajeron consigo gran cantidad de elementos culturales, los cuales fueron apropiados por los grupos locales.

La palabra Pinula tiene un sentido etimológico. pinul que significa harina y a que significa agua, en la lengua Pipil significa harina de agua. Esto muy bien podría relacionarse con el pinole, una bebida muy conocida entre los pueblos mexicanos.

El nombre oficial del municipio corresponde a Santa Catarina Pinula, y se cree que fue el padre Juan Godínez, quien influyó en ponerle el nombre de Santa Catarina al pueblo de Pankaj o Pinola en honor a Catarina Mártir de Alejandría.

1.1.4. Idiomas

El idioma predominante es el español, pero también se habla el idioma maya Pocomam.

1.1.5. Fiesta patronal

Desde el análisis religioso la principal festividad es la dedicada a la virgen, la patrona. Durante siglos ha permanecido el organizativo primero de la cofradía, la que posteriormente se convirtió en Hermandad. Este paralelismo de la cofradía y la hermandad tiene connotación histórica y étnica.

La feria titular se realiza en honor a la patrona Santa Catarina de Alejandría, y se celebra el 25 de noviembre. Tiene como preludeo un desfile bufo, donde se critican y se mofan de los personajes principales del poblado, y se realiza ocho días antes de que inicie la feria.

1.1.6. Lugares sagrados y sitios arqueológicos

Entre los lugares sagrados y más representativos del municipios esta la Iglesia Santa Catalina de Alejandría, se ubica en el parque central del municipio,

Una de las construcciones más representativas también es el acueducto de pinula una obra de gran importancia en la historia del municipio y la ciudad de Guatemala. Fue la fusión de una obra prehispánica como lo es el montículo llamado de la culebra y una obra colonial de la ingeniería del siglo XVIII como lo es el acueducto el cual aprovechó hábilmente la construcción prehispánica hecha a mano para hacer correr sobre ella la conducción del agua.

En los mismos se desarrollan actividades de tipo cultural, religioso, entre otros, para diferentes grupos de habitantes del municipio.

1.2. Aspectos físicos

Entre los aspectos físicos que tiene el municipio se encuentran sus vías de acceso, geografía, clima, orografía, hidrografía y demografía.

1.2.1. Vías de acceso al municipio

La principal vía de acceso es la Carretera Interamericana CA-1 la cual se aparta de la ruta nacional 2 (RN2) que a 6 kilómetros al oeste lleva a la cabecera municipal. La carretera principal totalmente asfaltada, se encuentra en buen estado tiene caminos, roderas y veredas que enlazan a sus poblados y propiedades rurales entre sí, con municipios vecinos. Al mismo tiempo el municipio tiene tres salidas principales importantes, dos hacia la ciudad capital y una hacia la carretera a El Salvador; esta última cada vez tiene más problemas de acceso, debido al gran congestionamiento que se da a las horas pico.

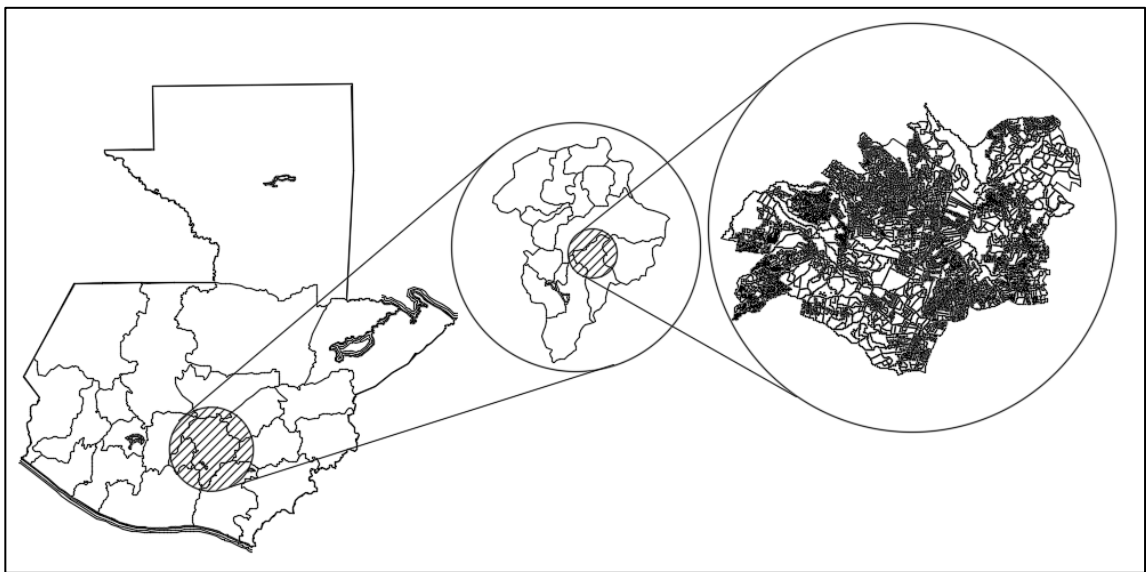
Posee otras vías de comunicación que conecta El Pueblito con El Porvenir y El Pueblito con Boca del Monte, Aldea de Villa Canales, todas con revestimiento de asfalto y pavimento.

1.2.2. Geografía (ubicación y localización)

El municipio de Santa Catarina Pinula se encuentra situado en la parte central del departamento en la Región I o Región Metropolitana. Se localiza en la latitud 14° 34' 13" y en la longitud 90° 29' 45". Limita al norte con el municipio de Guatemala (Guatemala), al sur con los municipios de Fraijanes y Villa

Canales (Guatemala), al este con los municipios de San José Pinula y Fraijanes (Guatemala), y al oeste con los municipios de Villa Canales y Guatemala (Guatemala). Cuenta con una extensión territorial de 48 kilómetros cuadrados, y se encuentra a una altura de 1 550 metros sobre el nivel del mar, por lo que generalmente su clima es templado. Se encuentra a una distancia de 15 kilómetros de la cabecera departamental de Guatemala.

Figura 1. Ubicación y localización del municipio de Santa Catarina Pinula



Fuente: elaboración propia, empleando QGis.

1.2.3. Clima

La precipitación anual en Santa Catarina Pinula va desde 1 366 a 1 691 milímetros, y la elevación sobre el nivel del mar es de 1 400 a 2 400 metros.

El clima varía de templado a fresco, su temperatura oscila entre los 15 °C a 23 °C y tiene un 70 % de evapotranspiración y el porcentaje de días claros al año es del 50 %. Los vientos que predominan son, NE a SO fuerte de 90 % a 10 %.

Se reporta una precipitación anual media de 1 124 mm en 110 días de lluvia.

1.2.4. Orografía

La región montañosa de Santa Catarina Pinula va desde 900 hasta 2 100 metros sobre el nivel del mar. Los dos cerros que se localizan en este municipio son el cerro Guachi Sote que se localiza al sur de la cabecera municipal y del casco de la finca Los Ángeles, entre el riachuelo Panas Queque y la quebrada Seca y el cerro Tabacal el cual está ubicado al sur de la aldea Cristo Rey y al este de la aldea Puerta Parada. El primero se encuentra a 1 800 metros sobre el nivel del mar y el segundo a 2 026.

1.2.5. Hidrografía

Los ríos que se localizan en este municipio son: Acatán, Chicoj, Los Ocotes, El Sauce, La Palma, Las Minas y Pinula.

- Río Acatán: se origina en las aldeas Santa Inés Pinula y Don Justo. Corre de sureste a noreste. Al oeste del caserío Manzano le afluye el río Chiquito. Pasa al este de la aldea Puerta Parada y toma rumbo al norte. Corre al oeste de la aldea Cristo Rey. Entre el caserío Los López, el casco de la finca Vista Hermosa cambia su nombre a Río Monjitas. Tiene una longitud aproximada de 14 kilómetros.

- Río Chicoj: se origina como río La Palma, al oeste del caserío Laguna Bermeja y al oeste de la aldea Ciénaga Grande. Corre de sur a norte, pasa entre las aldeas Cristo Rey y Platanar, al oeste del caserío Los López se une a la quebrada Cuesta Grande, origen del río Los Ocotes. Tiene una longitud de 5 kilómetros.
- Río Chiquito: río entre los municipios de Santa Catarina Pinula, Guatemala y Palencia. Tiene su origen al norte de aldea Cristo Rey, tiene la unión del río Chicoj y la quebrada Cuesta Grande. Su longitud es de 20 kilómetros.
- Río El Sauce: tiene su origen en el caserío La Nueva Concepción. Fluye al noreste, pasa al este de la cabecera. Al sur de la colonia Vista Hermosa, desagua en el río Negro. Su longitud es de 3 kilómetros.
- Río de las Minas: río de los municipios de Santa Catarina Pinula y de Villa Canales. Se origina al suroeste de la aldea Don Justo. Corre de sureste a noreste, recibe la quebrada El Anono y pasa al sur de la aldea La Salvadora. Atraviesa las aldeas El Porvenir y Boca del Monte. Toma rumbo sur, corre al oeste de la aldea Chichimecas y al norte de la cabecera de Villa Canales, así como la aldea Inés Petápa. Descarga en el río Villalobos. Su longitud es de 14 kilómetros.
- Río Pinula: río de los municipios de Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Petápa. Se forma en la aldea Don Justo. Corre de sureste a noreste, pasa al norte de la cabecera municipal de Santa Catarina Pinula y toma al oeste. Al sur de la capital le afluye el riachuelo Panasequeque y pasa al oeste de la aldea La Libertad con rumbo norte a sur. Al este de la aldea Guajitos recibe el río Cuadrón, fluye al oeste de la aldea Boca del Monte y al norte de aldea Santa Inés Petápa, descarga en el río Villalobos. Su longitud es de 22 kilómetros.
- Riachuelo Panasequeque: este riachuelo tiene su origen al sureste de la cabecera municipal y al este del Cerro Guachi. Su curso es de sureste a

noreste. Pasa al sur de la aldea El Pueblito, descarga en el río Pinula. Su longitud es de 6 kilómetros.

- Las quebradas de este municipio son: Agua Bonita, Agua Fría, Cuesta Ancha, Cuesta Grande, El Manzano, El Anono, El Cangrejito, El Chorro, El Guayabo, El Mezcal, El Riíto, La Esperanza, Piedra Marcada y Seca. Cabe destacar que la quebrada Agua Bonita es un paraje de Santa Catarina Pinula, en la finca San Lázaro, al noreste de la cabecera municipal. Se encuentra a 1 700 metros sobre el nivel del mar. En este lugar se encuentra una de las estaciones de bombeo de agua municipal que surte a la ciudad capital.
- Lagunas: entre estas está la Laguna Bermeja (la cual está a punto de desaparecer).

1.2.6. Demografía

Según el XI Censo Nacional de Población y VI de Habitación de 2002, el municipio de Santa Catarina Pinula contaba con una población de 74 626 personas compuesto por 36 408 hombres y 38 218 mujeres.

1.3. Aspectos económicos

Santa Catarina tiene factores que determinan la economía del municipio como su principal actividad económica.

1.3.1. Principales actividades de la economía del municipio

- Agricultura: los principales cultivos son maíz, frijol y hortalizas en pequeña escala, debido a que la producción agrícola ha disminuido a

medida que avanza la construcción de viviendas en el municipio, el cual se ha convertido en área residencial aledaña a la ciudad de Guatemala.

- Ganadería: se encuentran solo pequeñas crianzas de bovinos y equinos que comparadas con la de porcinos, ha sido durante varias décadas la más productiva y abastece diariamente a algunos mercados capitalinos con carne, chicharrones y embutidos. La avicultura ha experimentado últimamente un sensible desarrollo, ya que existen instalaciones formales que operan a nivel comercial.
- Industria: es uno de los principales rubros de la economía del municipio, pues funcionan importantes empresas industriales de diverso género, entre ellas, tejidos, productos alimenticios, envases metálicos, de plásticos, materiales de construcción y de verduras para exportación.

1.4. Aspectos ambientales

A pesar de la creciente urbanización en algunos lugares aún se puede ver parte de la flora y fauna del municipio.

1.4.1. Flora

Santa Catarina Pinula posee el paisaje natural que geográficamente cuenta con una singular belleza en la cual se plasma en sus montañas y ríos los cuales se han despojado de su estado natural por causa del urbanismo y es por ello que su flora ha ido disminuyendo. El pueblo pinulteco todavía se puede gozar de frescos amaneceres y atardeceres, gracias a que aún conserva parte de ese pulmón natural constituido por sus bosques.

Entre la flora de Santa Catarina Pinula se encuentran:

- Árboles madereros: ciprés, roble, guachipilin, pino, encino, cedro, amate, guaje, pinabete, palo blanco, ébano, entre otros.
- Plantas frutales: mora, perote, higos, frambuesa, tuna, mango, nance, ingerto, manzana, durazno, jocote, jocote amarillo, jocote de corona, aguacate, limón, naranja, mandarina, lima, mandarina, toronja, banano, anona, níspero, ciruela, pera, granadía, manzana rosa, papaya.
- Hortalizas: güisquil, izote, bleado, macuy, tomate, rábano, repollo, acelga, miltomate, cebolla, chile pimiento, yuca, ayote, arberja, coliflor, remolacha, zanahoria, haba, cilantro.
- Medicinales: té de menta, ruda, eucalipto, manzanilla, cachito, té de limón, salviacija, apazote, hierba buena, pericón, albahaca, sábila, malva, berbena, chilco, alhucema, laurel, tomillo.
- Ornamentales: geranio, rosas, margaritas, azucenas, dalias, gladiolas, azaleas, chinitías, chatías, lirios, jazmines, cartuchos, claveles, crisantemos, flores de candelaria, buganvillas, pascuas, violetas, helechos, velo de novia, cola de pavo real, cola de quetzal.
- Agricultura: maíz, frijol y café.

1.4.2. Fauna

Santa Catarina Pinula dado a que su vegetación disminuyó ha tenido como efecto que su fauna también se haya disminuido, pero aún pueden deleitarse los pinultecos con el suave trino de los pájaros y domesticar algunos animales, como también el de ver de vez en cuando un animal salvaje en sus bosques.

La fauna del municipio está conformada por:

- Aves: clasificación en distintos órdenes como palmípedas, pájaros, aves rapaces, trepadoras, prehensoras, columbidas, gallináceas. Entre ellas están Las siguientes géneros o especies: pato, garza, ganso, ruiseñor, gorrión, canario, alondra o calandria, azulejo, clarinero colibrí, golondrinas, espumuya, cheje, aurora, guarda barranco, sensontle, zanate, shara, celestrilla, buitre, gavián, lechuza, búho, pájaro carpintero, guacamaya, perico, cotorra, tortola, paloma, gallo, pavo, gallina, codorniz, entre otros.
- Mamíferos: existiendo de las siguientes ordenes: marsupiales, quiropteros, carnívoros, roedores, ungulados, desdentados. Entre ellos están: comadreas, zarigüeyas, tacuacín, murciélago, gato, perro, lobo, coyote, tigrillo, tejón, mapache, ratón, gato de monte, zorrillo, conejo, ardilla, altuza, caballo, buey, cabra, carnero, vaca, toro, armadillo.
- Peces: de la orden teleóstomos: juilines y lisas.
- Batracios: de la orden anuros: rana y sapo.
- Reptiles: de la orden saurios, quelonios: lagartija, iguana, camaleón, culebra, (ratonera, mazacuata, zumbadora, cantil de agua, culebra negra de agua), víbora (coral, coralillo), tortuga.
- Insectos: de las ordenes arquipteros, ortopteros, neuropteros, coleópteros, itimenopteros, lepidopteros, se cuentan con: comején, libélula, cucaracha, saltamontes, grillo, quiebra palito, hormiga, cochinilla, gorgojo, luciérnaga, escarabajo, avispa, abeja, mariposa, esperanza, mosca, mosquito, pulga, chinche, piojo.
- Merostomos: de la orden escorpionidos: escorpión.
- Arácnidos: en sus órdenes araneidos y acaridos, entre los que se encuentra: araña doméstica, araña de agua, garrapata, acar, entre otros.
- Crustáceos: de la orden de cápoda: cangrejos.

1.4.3. Suelo predominante del municipio

(Basado en el sistema Holdridge), Santa Catarina Pinula pertenece a la zona de vida del Bosque Húmedo Montano bajo subtropical. En Santa Catarina Pinula se identifican tres grupos de suelos: áreas fragosas, suelos de Guatemala y suelo Morán, estos presentan las siguientes características:

- Áreas fragosas: es un terreno quebrado grueso. Es una clase de terreno masificado en la vecindad de la ciudad de Guatemala, donde los barrancos de laderas perpendiculares de casi 100 metros de profundidad han cortado la planicie de Guatemala. Las áreas de esta clase de terreno son en su mayoría baldías.
- Suelos de Guatemala: son profundos y bien drenados desarrollados sobre ceniza volcánica débilmente cementada, en un ambiente húmedo seco. La profundidad del suelo varía según el grado de erosión al cual ha estado sujeto durante su desarrollo. Típicamente ocupa un valle o un bolsón entre montañas que es casi plano, pero algunas partes son onduladas o suavemente onduladas. En estos suelos se cultiva maíz y café.
- Suelo Morán: son suelos bien drenados y desarrollados sobre ceniza volcánica pomáceo en un clima húmedo-seco. Ocupan relieves de ondulados a muy ondulados en altitudes medianas superiores en la parte sur central de Guatemala. Estos suelos originalmente estaban forestados, probablemente con pino, encino y ciprés. Actualmente el área está limpia y se usa para cultivar café, maíz o pastos.

De acuerdo a la clasificación de suelos de Simmons, aproximadamente el 100 % de los suelos han sido clasificados como suelos profundos sobre materiales volcánicos, a mediana altitud y una pequeña fracción de los suelos

pertenece a la categoría de clases misceláneas de terreno. Los suelos prevalecientes son Cauque, Guatemala y Morán, que presentan características de haberse desarrollado sobre cenizas volcánicas pomácea, débilmente cementada y se adaptan a la producción de productos alimenticios y forrajes.

1.4.4. Ponderación de riesgo

La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) tiene a su cargo reunir todos los participantes, brindarles información confiable, exacta y oportuna, establecer mecanismos de comunicación eficiente y proporcionar una metodología adecuada para la reducción de desastres; Dicha entidad tiene catalogado a Santa Catarina Pinula como un municipio con alto riesgo a deslizamientos, ante lo cual han realizado numerosas evaluaciones en distintos puntos como predios, aldeas e incluso los ingresos al centro; de los cuales han generado dictámenes técnicos acerca de la habitabilidad y transitabilidad de los sitios.

El departamento tiene baja capacidad de gestionar programas vinculados a la reducción del riesgo, las instituciones públicas y autoridades locales muestran poca voluntad en asignar fondos en la temática de riesgo. En general en la mayoría de los municipios existe marcada debilidad en cuanto a la falta de programas educativos sobre gestión de riesgo a nivel formal e informal. Santa Catarina se ubica en el nivel de riesgo alto (SEGEPLAN, 2009c).

Las amenazas que tienen mayor recurrencia y afectación en los municipios del departamento desde la percepción de la población, son las de tipo socionatural, hidrometeorológicas, geológicas y las antrópicas del orden sanitarias y en menor ponderación las antrópicas socio-organizativas (SEGEPLAN, 2009c).

Los peligros identificados con nivel alto y que afectan al municipio son en orden de recurrencia:

- Las amenazas socionaturales, relacionadas con deforestación, el agotamiento de fuentes de agua y mantos acuíferos, incendios forestales o erosión del suelo.
- Las hidrometeorológicas, relacionadas con huracanes y temporales ambas disparadoras de inundaciones y crecidas de ríos.
- Las geológicas, relacionadas con deslizamientos o derrumbes, terremotos o fallas geológicas y hundimientos.
- Las amenazas antrópicas sanitarias relacionadas con contaminación por desechos sólidos (basuras) y desechos líquidos.
- Finalmente los peligros relacionados con amenazas socio organizativas, grupos organizados y manifestaciones violentas.

1.5. Aspectos políticos

Parte importante de la situación actual del municipio es relacionada con los aspectos políticos que influyen en este.

1.5.1. Gestión y gobernabilidad municipal

Durante varios años en el *ranking* de gestión municipal, Santa Catarina Pinula fue la mejor calificada ganando el primer lugar en gestión municipal. Dicho *ranking* está compuesto de siete índices, que sintetizan el estado de avance del municipio con respecto a la gobernabilidad, siendo estos:

- Índice de participación ciudadana.
- Índice de información ciudadana.

- Índice de gestión administrativa.
- Índice de gestión financiera.
- Índice de gestión de servicios públicos.
- Índice de gestión estratégica.
- Índice de gestión municipal (el cual es integrado por los seis anteriores)

1.5.2. Organización ciudadana

En cuanto a la organización ciudadana, el municipio de Santa Catarina Pinula cuenta con un sistema de Consejos Municipal de Desarrollo, (-COMUDE-) está organizado; los Consejos Comunitarios de Desarrollo, (-COCODE-) están conformados en las aldeas y en los lugares poblados principales. A la fecha todavía no cuentan con COCODE de segundo nivel.

Actualmente los COCODE trasladan información sobre necesidades de la población hacia el consejo municipal, pero hace falta fortalecer dentro de sus estructuras las demás funciones establecidas en la ley. La DMP cuenta con un diagnóstico de los servicios existentes en cada aldea o lugar poblado.

En otras formas de organización en el municipio trabajan varias organizaciones de apoyo para diferentes sectores de la población, incluyendo organizaciones no gubernamentales, iglesias católicas y evangélicas, grupos de apoyo, grupos religiosos, entre otros.

2. FASE DEL EJERCICIO TECNICO-PROFESIONAL

2.1. Localización de predios en riesgo en la aldea El Pueblito utilizando el software QGIS, Santa Catarina Pinula, Guatemala

Para tomar medidas de prevención ante desastres naturales es importante conocer cómo se distribuye el riesgo en el lugar y las características de cada uno de los predios.

2.1.1. Descripción del proyecto

Existen características importantes que es necesario conocer y que influirán en el diseño técnico de la localización de predios en riesgo.

2.1.1.1. Alcances del proyecto

La localización de predios en riesgo para la aldea El Pueblito busca identificar las principales características de cada uno de los predios que se encuentran en riesgo, mediante la recopilación de información realizada por una mesa técnica conformada por personas con conocimiento en gestión de riesgo.

La información obtenida se presenta de forma gráfica utilizando un sistema de información geográfica (GIS), con el fin que permita ser accesible para determinar alguna medida preparación, mitigación, respuesta o recuperación con el fin de garantizar la calidad de vida de las personas que habitan en las áreas de riesgo.

2.1.2. Gestión de riesgo

La gestión de riesgo se puede definir como un proceso estratégico en la que se evalúan y miden factores sociales que afectan en un territorio determinado que se mantiene bajo la incertidumbre relativa a una amenaza.

Con la gestión de riesgo se trata de unir conjunto de ideas en función de la vida y el desarrollo humano, dando respuestas que ayuden a disminuir las causas y mecanismos que facilitan y estructuran el riesgo de perder la vida y el patrimonio.

Muchas veces las estrategias incluyen transferir el riesgo a otra parte, evadir el riesgo o reducir los efectos negativos, de modo que se reduzca a un ámbito preseleccionado a un nivel aceptado por la sociedad que no atente con la calidad de vida de las personas.

2.1.2.1. Desastres

Los desastres son situaciones o procesos sociales que se producen como resultado la manifestación de un fenómeno que tiene un origen natural que afecta negativamente a la vida, al sustento o a la industria y desemboca con frecuencia en cambios permanentes en las sociedades humanas y a los animales que habitan en ese lugar.

Los desastres se pueden dividir en varias categorías dependiendo de la causa de su origen, también cuenta con etapas que se traslapan o pueden ocurrir simultáneamente, siendo estas las siguientes:

- Mitigación: conjunto de acciones cuyo objetivo es impedir o evitar que sucesos naturales o generados por la actividad humana causen desastre. Esta reducción se hace cuando no es posible eliminarlos
- Preparación: medidas y acciones que reducen al mínimo la pérdida de vidas humanas y otros daños, organizando oportunamente y eficazmente las acciones de respuesta.
- Respuesta: conduce operaciones de emergencia para salvar las vidas y propiedades, atendiendo oportunamente a la población.
- Recuperación: la recuperación es el esfuerzo de restaurar la infraestructura, la vida social y económica de una comunidad a la normalidad, reconstruye las comunidades a corto, mediano y largo plazo.

2.1.2.2. Riesgo

Es la probabilidad de exceder un valor específico de consecuencias económicas sociales o ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado. El riesgo en el que se encuentra el lugar se obtiene al relacionar la amenaza con la vulnerabilidad.

$$(R) = f(A, V)$$

Donde:

(R)= riesgo

(A)= amenaza

(V)= vulnerabilidad

El riesgo puede tener origen natural, geológico, hidrológico, atmosférico o también origen tecnológico o provocado por el hombre. Para que exista un

riesgo, debe haber una amenaza como una población vulnerable a sus impactos.

2.1.2.3. Amenaza

Una amenaza es la probabilidad de que llegue a ocurrir algún evento o acción que pueda causar algún daño material o inmaterial sobre un sistema, en este caso en una población,

2.1.2.4. Vulnerabilidad

Es la propensión del ser humano, sus obras y medios de vida a ser dañados por una amenaza. Se clasifica en vulnerabilidad social, económica, ambiental e institucional.

2.1.3. Recopilación de información

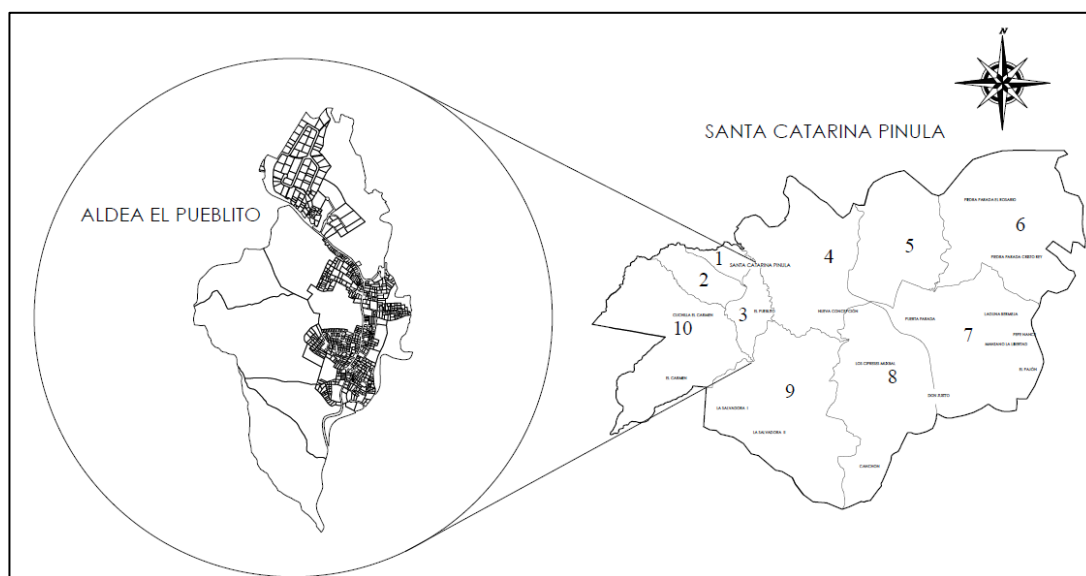
Parte importante antes de realizar un proyecto es recopilar la información necesaria para determinar cuáles son los factores importantes con los que se trabajará.

En el caso de la localización de predios en riesgo es importante determinar cuáles son las áreas vulnerables al riesgo en la aldea El Pueblito, para luego desarrollar herramientas, en este caso una boleta de evaluación que permitan obtener información de cada uno de los predios y que sea útil al momento de tomar decisiones.

2.1.3.1. Reconocimiento de la aldea El Pueblito

La aldea El Pueblito es una de las 15 aldeas que conforman el municipio de Santa Catarina Pinula, además de ser uno de los accesos a la cabecera municipal, cuenta con una extensión territorial de 1,10 km² poblada por 4 744 habitantes.

Figura 2. Ubicación de la aldea El Pueblito



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.

La aldea El Pueblito está ubicada a una latitud de 14° 33' 51" N y a una longitud de 90° 29' 24" O colinda al norte con la aldea Nueva Concepción y Cabecera Municipal; al sur aldea El Carmen y Salvador I; al este con aldea Nueva Concepción y Salvadora II; y oeste aldea el Carmen y Cabecera municipal.

2.1.3.2. Identificación de áreas de riesgo

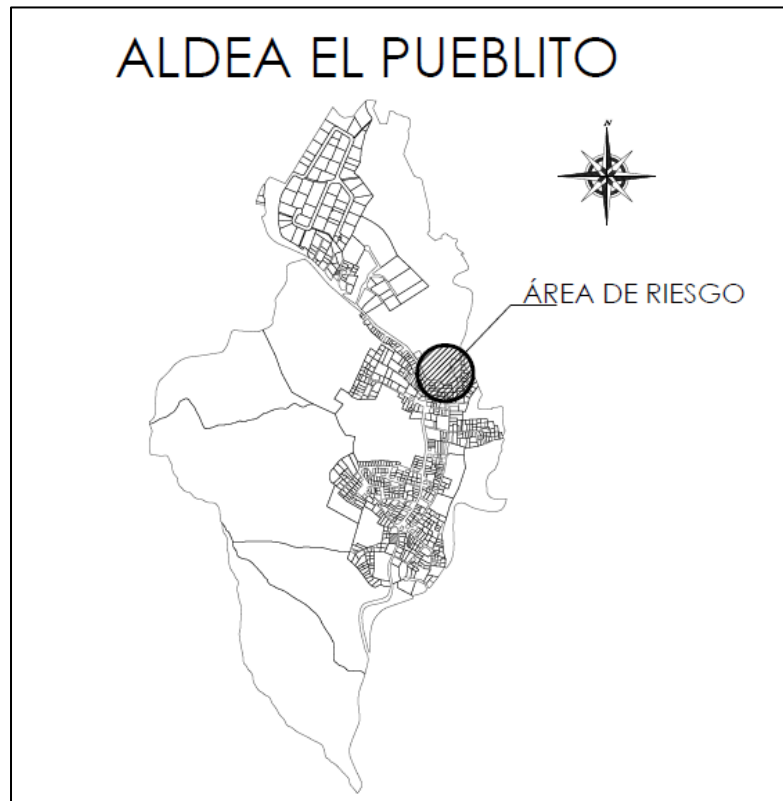
Debido a su cercanía con la ciudad capital, Santa Catarina Pinula es uno de los municipios estratégicos para vivir, por lo que su densidad demográfica ha ido aumentando aceleradamente año con año, la aldea El Pueblito es una de las más cercanas y al igual que todo el municipio cuenta con un relieve bastante propenso a zonas de barrancos y deslizamientos, relieve que caracteriza el centro del municipio.

Todo esto relacionado con la situación actual de pobreza, falta de un reglamento o código sísmico, que regule los parámetros constructivos y, por ende, baja calidad de construcción deja en riesgo eminente a muchas casas cercanas a barrancos que debido a distintos fenómenos naturales, falta de servicios básicos o falta de obras de mitigación, hace que los taludes se acerquen a las áreas habitadas de la aldea El Pueblito.

La aldea se visitó durante los primeros días antes de empezar la evaluación a modo de reconocer e identificar los lugares que se encontraban en riesgo así como también se habló con la población acerca del seguimiento que se le daría a la evaluación para que estuvieran informados.

Estas visitas de reconocimiento dieron como resultado la identificación de predios en riesgo en la aldea El Pueblito, los cuales el mayor riesgo es la ubicación cerca de los barrancos y la notable inestabilidad del terreno. Estas áreas de riesgo se ubican en las partes que las personas conocen como San Remo debido a la cercanía con una finca del mismo nombre y parte del centro de la aldea; ambas comparten cercanas al mismo barranco.

Figura 3. **Área de riesgo en la aldea El Pueblito**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.

2.1.3.3. Evaluaciones

Para recopilar la información se tomaron en cuenta diferentes aspectos que junto con el departamento de ambiente, planificación y CONRED se determinaron importantes para analizar el nivel de riesgo y estado de cada uno de los predios y viviendas, a continuación se detalla cada una de las secciones por las que estaban compuestas las boletas de evaluación que se obtuvo como resultado.

2.1.3.3.1. Datos personales

Los datos personales requeridos en la evaluación eran acerca de la persona dueña del inmueble o jefe de hogar, en casos de no estar presente o que la persona encuestada no tuviera acceso a la información, se solicitaba los datos de los evaluados.

Esta información puede usarse para identificar, contactar o localizar a una persona en concreto o puede usarse junto a otras fuentes de información para hacerlo.

La importancia de los datos personales era vincular con una persona toda la información acerca del predio y tener un medio de enlace para tomar decisiones, en un futuro, para disminuir el riesgo. Este vínculo quedará entre municipalidad y entidades correspondientes.

Los datos personales a solicitarse eran los siguientes:

- Nombre completo de la persona.
- Número de documento personal de identificación.
- Teléfono.

2.1.3.3.2. Ubicación de la vivienda

La ubicación de la vivienda es un factor importante para determinar con exactitud la ubicación de cada una de las casas o predios, ya que cada una cuenta con una numeración determinada que permita la localización de la misma con mayor facilidad.

Para determinar la ubicación exacta de la vivienda se solicitaron los siguientes datos:

- Departamento: para este caso el departamento correspondiente era Guatemala.
- Municipio: todos los predios se encuentran ubicados en Santa Catarina Pinula.
- Lugar poblado: dependiendo del tipo de lugar poblado como aldea, caserío, entre otros. Así como también el nombre del mismo. En este caso: aldea El Pueblito.
- Dirección: corresponde al número de casa, calle o avenida, barrio, zona que la hace tener un código único.
- Tipo de área: Los asentamientos humanos se pueden clasificar en urbanas o rurales en función de diferentes parámetros, como la cantidad de estructuras creadas por la mano del hombre y por las personas que residen en esa área.

Las zonas urbanas comprenden la ciudad y sus alrededores, como lo es Santa Catarina Pinula y específicamente El Pueblito a pesar de ser denominada como una aldea respecto al tipo de lugar poblado cuenta con servicios cívicos avanzados como educación, transporte, todo tipo de negocios, interacción social, entre otros.

Las áreas rurales se basan más en la explotación natural de los recursos, así como en la usencia de estrés y de contaminación, con la consiguiente mejora en salud. Estas áreas pueden encontrarse al azar en medio de la vegetación.

La clasificación entre zonas urbanas y rurales también puede ser por el uso de suelo.

- Año de construcción: este dato muestra los años que tiene la construcción para determinar su tiempo de vida, para establecer la vulnerabilidad ante los desastres.

También es importante para identificar que tan reciente es la construcción y la forma en que pudo afectar o acelerar el riesgo respecto a un desastre.

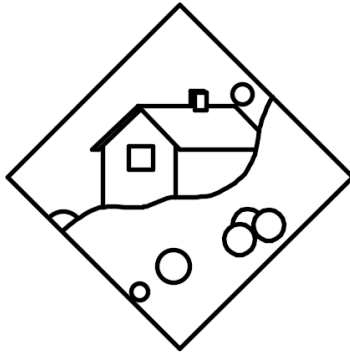
2.1.3.3.3. Evento

En esta sección de la evaluación se recopila información en caso de que esta se esté llevando a cabo durante un evento o luego del mismo.

- Nombre del evento: algunos fenómenos naturales son nombrados, por ejemplo los huracanes o tormentas.
- Fecha del evento: se indica la fecha de ocurrencia del evento.
- Tipo de evento: se selecciona el tipo de evento que ocurrió para facilitar la identificación del mismo, se estableció de forma mediante una imagen los diferentes eventos a los que pudo ser expuesta la vivienda.
 - Deslizamiento: es un tipo de corrimiento o movimiento de masa de tierra respecto a una zona estable, a través de una superficie o franja de terreno que da lugar ante la inestabilidad en un talud.

Los deslizamientos también pueden ser desplazamientos rápidos de piedras y vegetación que estuvo presente anteriormente en la masa de tierra.

Figura 4. **Símbolo de deslizamiento en evaluación**

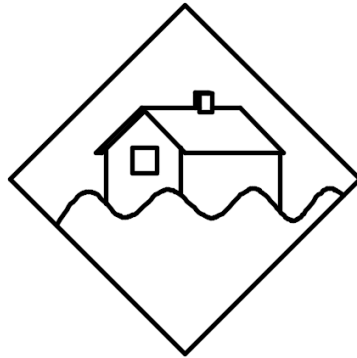


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Inundación: es un fenómeno natural que se presenta cuando el agua sube mucho el nivel en los ríos, lagunas, lagos y mar; entonces, cubre o llena zonas de tierra que normalmente se encuentran secas.

Este tipo de fenómeno natural ha estado presente a lo largo de la historia, principalmente provocado por el desborde de un río a causa de lluvias, tormentas tropicales, huracanes, y algunas veces por el ser humano, como la deforestación, la ubicación de las viviendas en zonas bajas y cercanas a los ríos o en lugares de inundación ya conocidos.

Figura 5. **Símbolo de inundación en evaluación**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Sismo: estos se presentan con movimientos vibratorios, rápidos y violentos de la superficie terrestre, provocados por perturbaciones en el interior de la Tierra (choque de placas tectónicas). La diferencia entre temblores y terremotos está dada por la intensidad del movimiento sísmico, siendo el más peligroso este último, pues su efecto destructivo puede ser fatal.

Es posible predecir la localización de áreas sísmicas, pero aun no es posible predecir cuándo ocurrirá un movimiento, por lo cual daña las estructuras de las casas, así como pone en riesgo la vida de una gran cantidad de personas.

Figura 6. **Símbolo de sismo en evaluación**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

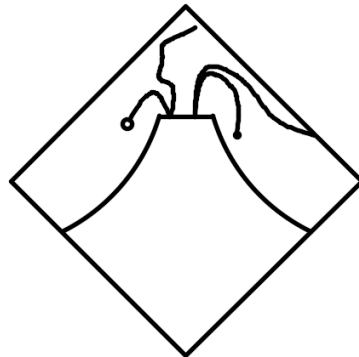
- Volcánico: es una emisión violenta en la superficie terrestre de materias procedentes del interior de un volcán, las cuales son consecuencia del aumento de la temperatura en el magma que se encuentra en el interior del manto terrestre. Esto ocasiona una erupción volcánica en la que se expulsa la lava hirviendo que se encontraba en el magma, las cuales pueden afectar a poblaciones vecinas o también puede afectar arrojando rocas volcánicas o cenizas.

Las cenizas que han lanzado los volcanes en Guatemala son capaces de contaminar fuentes hídricas de agua, provocar problemas respiratorios a los pobladores, así como dañar cultivos y animales expuestos al ambiente con cenizas.

Las erupciones volcánicas no obedecen a ninguna norma de periodicidad, y no ha sido posible descubrir un método para

prevenir las, aunque a veces, vienen precedidas por sacudidas sísmicas y por la emisión de fumarolas.

Figura 7. **Símbolo de evento volcánico en evaluación**



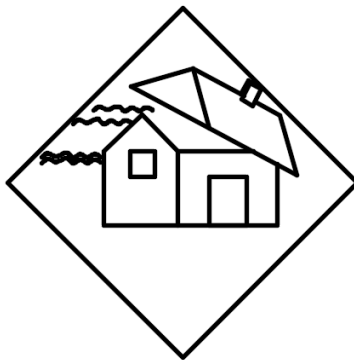
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Viento fuerte: ocurren a causa de una perturbación atmosférica que genera vientos fuertes y destructivos, que pueden estar acompañados por lluvias o no. Pueden ser vientos sostenidos que muchas veces alcanzan velocidades de 50 a 62,4 km/h durante al menos una hora.

El viento es una de las fuerzas destructoras de la naturaleza. En ocasiones con mucha intensidad causando grandes pérdidas materiales y en algunos casos humanas.

Estos causan daños mecánicos en cultivos y plantaciones; así como también actúa como agente de erosión del suelo, puede producir desprendimientos o caídas de techos en construcciones y caídas de árboles, postes o muros.

Figura 8. **Símbolo de viento fuerte en evaluación**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Otros: este espacio es en caso de que las viviendas hayan sufrido de algún otro evento no contemplado anteriormente.

2.1.3.3.4. Propiedad de la vivienda

En esta parte se determina el estado de las personas que habitan el predio con respecto a la vivienda, si las personas que habitan el lugar son los dueños o se encuentran únicamente alquilando la vivienda.

Se presenta la opción otros en caso de que el estado de propiedad sea diferente a propia o alquilada.

2.1.3.3.5. Descripción de la estructura

Es importante tener datos de la estructura de la vivienda para determinar qué tan susceptible es ante el riesgo en que se encuentra, ya que dependiendo de los materiales que la componen o el uso que se le dé, la vivienda puede

incrementar el riesgo, también es importante a la hora de tomar medidas ante el mismo.

Por lo tanto, una vivienda que esté mal construida o hecha con materiales inestables y carezca de ventilación e iluminación suficiente, está en condiciones precarias en relación con su tipología y materialidad y a la vez la clasifica en riesgo.

- Número de niveles: es la cantidad de niveles con la que cuenta la estructura de la casa para ser habitada, este factor influye en el peso que la estructura proporciona, así como también es un factor que contribuye a la inseguridad para las personas que habitan la casa, en el momento en que sucede un desastre natural.

Este dato se relaciona con la configuración estructural y materiales de los elementos que componen la vivienda para determinar si la estructura es segura.

- Número de ambientes: es la cantidad de espacios de uso diferente en los que puede estar dividida la casa. Cada uno de ellos cuenta con una diferente decoración, fuente de iluminación, distribución espacial y uso.
- Las casas promedio en Santa Catarina Pinula como en el resto de municipios del departamento de Guatemala, cuentan con dormitorios, salas, cocina, baños y comedores, según Edgar Porres en el libro: *Santa Catarina Pinula, El municipio que está avanzando*.
- Uso del inmueble: la forma en que se utiliza el inmueble ayuda a priorizar medidas en caso de un desastre natural, poniendo como prioridad las casas utilizadas como viviendas. En la evaluación se toman en cuenta las siguientes 4 clasificaciones:

- Vivienda unifamiliar: hogares usados para ofrecer refugio y habitación para un solo núcleo familiar.
 - Comercio: estructura usada únicamente para una actividad socioeconómica consistente como la compra y venta de bienes y servicios.
 - Vivienda/comercio: estructuras en donde se combinan la habitación de una familia y las actividades comerciales en un mismo lugar.
 - Vivienda multifamiliar: son las estructuras que ofrecen refugio y habitación de las inclemencias climáticas y de otras amenazas a varios núcleos familiares a la vez, en el mismo lugar.
- Servicios básicos: otro factor que incide en el riesgo en el que se encuentran las personas es el acceso a servicios básicos, ya que contar con servicios básicos contribuye al cuidado de la seguridad y salubridad de las familias.

La ausencia de algunos servicios básicos también contribuye al aumento de riesgo de los lugares poblados. Para la evaluación de predios en riesgo se realizó una revisión de los siguientes servicios básicos para cada uno de los hogares.

- Energía eléctrica: ayuda a realizar con mayor facilidad las actividades cotidianas de la familia transformado en distintos tipos de energía y generando una mejor calidad de vida para las personas. Un hogar tiene acceso inadecuado al servicio de energía eléctrica si no cuenta con una conexión directa a la red de electricidad, a través de un contador.

- Agua entubada: es una de las necesidades fundamentales para la vida humana. El suministro de agua potable es absolutamente necesario para la vida y la salud. Mejorar el acceso al agua potable implica disminuir la mortalidad de las enfermedades relacionadas con el agua y mejorar la calidad de vida.
 - Pozo: es un agujero excavado que perfora la tierra con una profundidad suficiente para alcanzar la reserva de agua subterránea de una capa freática, para abastecer del líquido vital a un grupo de personas.
 - Drenaje sanitario: la carencia de drenaje sanitario es uno de los principales problemas de salud pública, pues causa enfermedades, afecciones y muerte. Más allá de las anteriores también la falta de drenaje sanitario en algunos lugares poblados obliga a las personas a optar por diferentes formas de deshacerse de las aguas negras que muchas veces son vertidas a barrancos, estas terminan contribuyendo a la erosión y aumento de riesgo en estas zonas.
 - Letrina: es un espacio fuera de la vivienda destinado a defecar y que no se encuentra conectado a ninguna alcantarilla, siendo una solución técnica y económicamente más viable ante la ausencia de drenaje sanitario.
- Configuración estructural: es el tipo de sistema para los elementos verticales de soporte en una estructura que transmiten las cargas de toda una estructura.

Hay varios tipos de configuraciones estructurales cada una se elige dependiendo de los alcances económicos, sin dejar afuera la capacidad de cada una, es decir, dependiendo la configuración estructural elegida,

esta soportará niveles de cargas diferentes y trabajará de una forma diferente a las demás.

Si se utiliza una configuración estructural no adecuada para el lugar y la carga, puede llegar a colapsar y presentar un riesgo para la familia que habita en ella.

Las configuraciones estructurales más usadas en Guatemala que fueron incluidas en la evaluación son las siguientes:

- Concreto reforzado: las cargas se transmiten hasta el suelo directamente a través de marcos estructurales (vigas y columnas que trabajan monolíticamente). Reforzando el concreto con acero estructural, lo cual lo hace muy resistente y una de las configuraciones aptas para cargas mayores.
- Mampostería: es uno de los sistemas tradicionales de construcción en Guatemala, en el cual las cargas se transfieren a través de muros de elementos mampuestos; en su mayoría block, ladrillo, piedra; que transfieren las cargas a los cimientos de la estructura para luego trasladarla al suelo. Este tipo de configuraciones estructurales realiza un buen trabajo, sin embargo, cuenta con limitantes en cuanto a número de niveles y cargas a transferir.
- Madera: este sistema estructural está formado por marcos hecho de madera lo que permite trasladar cargas livianas.
- Adobe o bajareque: está hecho de barro mezclada con paja que forman bloques que se colocan como elementos mampuestos, suele ser un material que tiende a agrietarse demasiado, sin

embargo, su costo es bajo comparado con otros aunque no pueda transferir grandes cantidades de carga.

- Otro: en caso de que se utilice algún otro tipo de configuración estructural no mencionado anteriormente.
- Indicios de daños por eventos anteriores: esta sección es a criterio de evaluador si la casa a simple vista muestra algún daño que pudo haber ocurrido por eventos anteriores, en el caso de que se tenga que hacer una observación adicional ya que se percató de un detalle este puede hacerse en las observaciones.
- Material de techo predominante: la parte superior de una vivienda es denominada techo, esta protege a los habitantes de la misma, de las inclemencias del tiempo así como también protege los bienes y la estructura de la misma casa alejándola lo posible del intemperismo.

Una buena estructura de techo proveerá una mejor calidad de vida de cada una de las personas y una mayor duración de los bienes

Hay distintos tipos de material que puede usarse para la construcción de techos de viviendas, en Guatemala los más comunes son:

- Lámina: estos son los más comunes en Guatemala son fáciles de armas generalmente la estructura que soporta la lámina es de madera o metal, da impermeabilidad a la vivienda aunque por tratarse de un metal esta genera bastante calor dentro de la misma.
- Losa (terraza): estructuralmente es una de las más seguras si es bien diseñada y construida respetando las distintas cargas. Los

techos de losa están fundidos con concreto y armados con acero lo que hace resistente este tipo de elementos.

- Madera: estos al igual que la lámina son fáciles de construir ya que son varias piezas de madera que forman una estructura que protege la vivienda con la materia prima obtenida de los árboles.
 - Teja: son piezas de barro que protegen la vivienda formando un techo.
- Material de muros predominante: otra característica importante es el material que conforma los muros, y que al igual que el techo, los muros proveen seguridad, privacidad, protección, limita el espacio de la vivienda, brinda seguridad de agentes externos y cumple con la función estructural de soportar el peso del techo y transmitirlo a los cimientos.

Los muros pueden estar conformado por los siguientes materiales:

- *Block*: es uno de los más utilizados en el país, las distintas posibilidades de colocar el acero de refuerzo en distintas cuantías, hace que la mampostería del *block* de concreto satisfaga muchas exigencias de resistencia como la presenta al fuego durante cierto tiempo; al calor debido a su estructura ahuecada que también funciona como aislante sonoro. Los *blocks* comerciales tienen una cantidad de carga a soportar que ayuda a determinar la forma en que se usará.
- Ladrillo: es un elemento estable durable y versátil elaborado a partir de cerámica roja en combinación con otros elementos, es uno de los materiales de construcción más antiguos, a pesar que su función es similar al del *block*, su utilización se limita debido a

la cantidad de material para crearlo, su resistencia suele ser menor.

- Adobe: es utilizado debido a los bajos costos que representa en una construcción, sin embargo, tiene algunas ventajas como que es higrófilo, tiende a absorber humedad atmosférica cuando el aire está saturado de manera que por ello pierde su resistencia a los esfuerzos, aun los de su peso. Sus resistencias a la compresión son bajas (de 3 a 5 kg. por cm²).
- Concreto: consiste en la utilización de concreto reforzado con barras o mallas de acero, llamadas armaduras, diseñado para resistir combinaciones de fuerzas cortantes, momentos y fuerzas axiales por cargas laterales.
- Lámina: su única función es delimitar el espacio de la familia, brindarle seguridad y privacidad, ya que no sirve para soportar cargas además de ser mal aislante térmico y de sonido. Es utilizado debido a su bajo costo respecto al resto de materiales para muro.
- Madera: es buen aislante térmico y al igual que la lámina, es muy fácil de colocar. Dependiendo de las características de los elementos o medidas, dependerá su función estructural.
- Piedra: es el resultado de utilizar piedra como elementos mampuestos, suele ser muy duraderos, y dependiendo al tipo de piedra elegida son muy resistentes.
- Bajareque: es un sistema constructivo milenario a base de palos y cañas entretejidos, con un terminado de barro y mortero. El bajareque es económico y amigable con el ambiente. No es recomendable su uso en muros para resistir cargas únicamente como aislante de ambientes y térmico.

- Mixto: cuando la vivienda cuenta con muros de más de uno de los materiales descritos anteriormente.
- Material de piso interior: la presencia de piso en cada una de las casas es un factor también muy importante ya que la existencia del mismo provee una mejor calidad de vida a las personas, puesto que evita que las familias tengan contacto directo con la superficie del suelo haciendo menor la posibilidad de adquirir enfermedades.

Los materiales de los que puede estar compuesto el piso interior de las casas son los siguientes:

- Tierra: es cuando el suelo no tiene ningún tipo de cubierta, dejándose directamente expuesto a las personas que habitan la vivienda.
- Concreto: cuando sobre el suelo hay una superficie de concreto, esta puede ir con una electromalla o sin armadura alguna.
- Piso cerámico o granito: cuando la superficie de concreto está cubierto de un mosaico de piso cerámico o azulejos que dan un acabado más estético al piso:
- Madera: la superficie del suelo se cubre con madera, la cual su desventaja es su deterioro ante la presencia de humedad en la superficie.

2.1.3.3.6. Condiciones de la estructura con relación al terreno

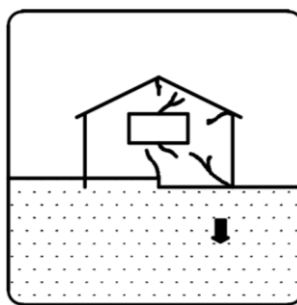
Luego de haber determinado los daños y características de la estructura como tal, es importante determinar cuál es la condición en la que se encuentra

en relación al terreno, para obtener información del riesgo que la estructura tiene debido a la inestabilidad que presente el lugar donde está ubicado, para ello se toman en cuenta las siguientes posibilidades.

- Asentamiento diferencial o hundimiento: el asentamiento diferencial se debe principalmente a la condición del suelo sobre el cual se asienta la estructura. El suelo tiene la capacidad de expandirse o contraerse según las condiciones de temperatura o clima. También puede cambiar o lavarse debido a un mal drenaje, fuertes lluvias, suelo seco de manera desigual o cambios en la capa freática.

El asentamiento ocasiona grietas en los cimientos, pilares de la losa o soportes de la estructura. Estas grietas causan fisuras en las paredes interiores del edificio y hacen que el asentamiento de las puertas del edificio, ventanas y molduras, queden disparejas.

Figura 9. **Símbolo de asentamiento diferencial o hundimiento**



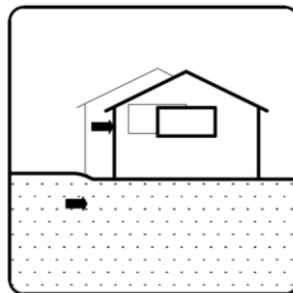
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Corrimiento de suelo: un deslizamiento o corrimiento de tierra es un desastre natural, algo que en la mayoría de los casos es inevitable, está

relacionado con las avalanchas, pero en este caso en vez de arrastrar nieve, llevan tierra, rocas, árboles, casas, entre otros.

Existen una amplia variedad de nombres para los procesos de denudación donde el suelo o roca es desplazado a lo largo de la pendiente por fuerzas gravitacionales, se los designa con calificativos tales como movimientos de masa, movimientos de pendiente, deslizamientos, también deslaves o derrumbes.

Figura 10. **Símbolo de corrimiento de suelo**



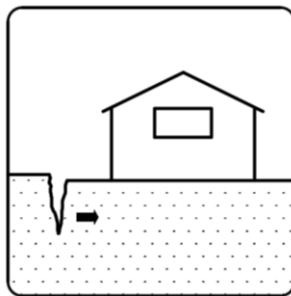
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Agrietamiento de suelo: una grieta es una abertura larga y estrecha producto de la separación de dos materiales. En Geología se pueden distinguir dos tipos comunes de grietas: de contracción y en cuña.

Las grietas de contracción son fisuras relativamente anchas respecto a su longitud, que se abren al contraerse el suelo o una roca. Su formación constituye un fenómeno característico de los suelos arcillosos que, al desecarse, forman una red poligonal de esas grietas de retracción. Ciertas capas del subsuelo conservan la huella de grietas que una vez

abiertas se llenaron de arena, lo cual impidió que la humedad ulterior volviera a obturarlas.

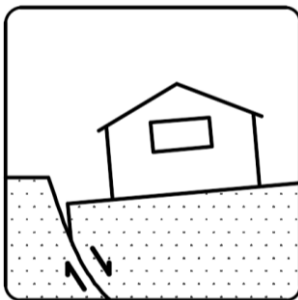
Figura 11. **Símbolo de agrietamiento de suelo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Deslizamiento o movimiento de ladera: son desplazamientos de masas de tierra o de rocas que se encuentran en pendiente. Se deben a la inestabilidad de los materiales que forman la ladera. Estos desplazamientos se producen en el sentido de la pendiente como consecuencia de la fuerza de la gravedad.

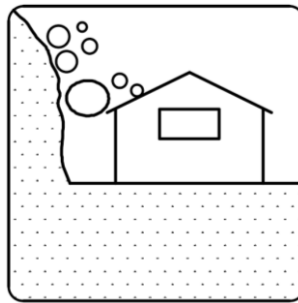
Figura 12. **Símbolo de deslizamiento o movimiento de ladera**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Falla o colapso de talud: ocurre cuando hay un talud cerca de una vivienda y tiende a presentar amenaza de que colapsará debido a múltiples factores que lo pueden afectar como la erosión o inestabilidad del terreno.

Figura 13. **Símbolo de falla o colapso de talud**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.3.3.7. En caso de inundación

Este espacio en la evaluación es propia para predios que han tenido problemas con inundación.

Según el folleto inundaciones de ALNAP (2008), una inundación es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de esta, por desbordamiento de ríos, ramblas, lluvias torrenciales, deshielo, subida de las mareas por encima del nivel habitual, por maremotos o huracanes, entre otros.

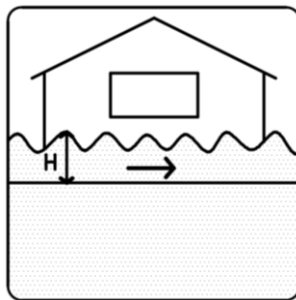
Las inundaciones fluviales son procesos naturales que se han producido periódicamente y que han sido la causa de la formación de las llanuras en los

valles de los ríos, tierras fértiles, vegas y riberas, donde tradicionalmente se ha desarrollado la agricultura.

En la evaluación se obtienen los datos del nivel de agua que llega durante una inundación para determinar que tanto riesgo es el que presenta así como la fuerza de la corriente en caso de existir la cual puede ser:

- No perceptible
- Lento
- Medio
- Fuerte

Figura 14. **Gráfico de nivel de inundación y fuerza de corriente**

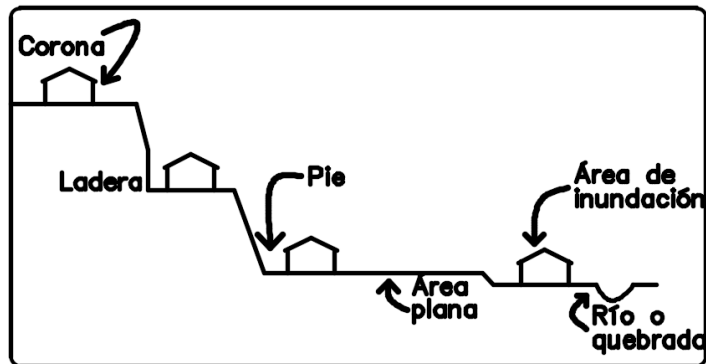


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.3.3.8. Condiciones del sitio

Es importante determinar cuál es la condición del sitio ya que la ubicación del mismo puede mostrar el riesgo con el que cuenta, para esto se tienen las siguientes opciones de condición del sitio:

Figura 15. Condiciones del sitio



Fuente: Elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Corona: es la parte superior de un relieve.
- Ladera: declive lateral de un monte o una montaña, cuya pendiente es el ángulo que forma con la horizontal
- Pie: es la parte baja de una montaña o relieve, este generalmente se encuentra muy cerca de la ladera.
- Área plana: son áreas con poca o nula pendiente de terreno apta para la construcción.
- Área de inundación: son lugares susceptibles a inundaciones durante precipitaciones generalmente se debe a su cercanía con ríos y la ubicación de sitios bajos.
- Río o quebrada: es la parte cercana a un río o quebrada su principal amenaza son las inundaciones.

2.1.3.3.9. Descripción del daño estructural

El daño estructural de una vivienda es un índice importante para determinar la habitabilidad de la misma, ya que si esta se encuentra en mal estado se pone en riesgo la vida de cada una de las personas que habitan la misma y demuestra la poca resistencia a futuros fenómenos que esta pueda poseer.

Hay tres tipos de daños que son perceptibles a la vista del evaluador para tomar en cuenta los daños de la estructura:

- Desplome de muros
- Grietas
- Hundimiento o grietas en el piso

Según la guía didáctica básica de evaluación de daños y necesidades de CONRED (2004), la presencia de los daños anteriores la estructura se puede clasificar en tres distintos niveles de porcentaje de daño global, haciendo una relación entre el daño que actualmente posee y el total de la estructura.

- 0 – 30 %: es un nivel en el que los daños son pocos o nulos ya que solo son perceptibles, si estos se buscan minuciosamente y no se puede distinguir con facilidad.
- 31 – 60 %: es un daño moderado. Los daños ya empiezan a ser perceptible pero se puede incluso tomar medidas para mitigar dichos daños y reestablecer la estructura, la cantidad de elementos estructurales dañados son pocos.

- 61 – 100 %: es una estructura con daño severo la cual representa un eminente peligro para las personas, ya que la estructura puede colapsar en cualquier momento debido a los múltiples daños que presenta los cuales es fácil determinarlos.

A raíz del nivel de daños y de los tipos de daños es importante determinar cuál sería una solución más fácil para reparar daños de la estructura, este podría ser:

- Estructurales: esta solución es posible cuando los daños se concentran por deficientes en la construcción de una estructura que con el paso del tiempo ha ido siendo un peligro, debido a la falta de criterios técnicos a la hora de su construcción.
- Geotécnicos: cuando la medida de mitigación se necesita aplicar al sitio en general ya que es el que hace vulnerables las viviendas que se ubican en él.
- Servicios básicos: la falta de servicios básicos también puede ser un peligro, ya que muchas veces la falta de alguno de ellos crea áreas de riesgo, llevar servicios básicos a las viviendas puede ser considerado como una solución disminuir el riesgo.

Luego de determinar los riesgos y alguna posible solución a los daños se puede determinar el nivel de habitabilidad de las viviendas.

- Habitable: cuando los daños de la casa no son de importancia para que las personas puedan desarrollar sus actividades diarias con normalidad dentro de la misma.

- Uso restringido: cuando el uso de la estructura es de forma restringida, es decir, se necesita seguir lineamientos para su uso para evitar que el riesgo siga creciendo.
- Inhabitable: la estructura representa un peligro y las vidas se ponen en riesgo al seguir habitando en la misma, por lo que es necesario desocupar la vivienda cuando los daños son severos.

2.1.3.3.10. Condición de seguridad

Esta sección también se completa con criterio de la persona que realiza la evaluación, su importancia radica en la determinación de la seguridad que se debe proporcionar a las personas respecto a su vivienda.

El evaluador debe determinar si la vivienda debe cambiarse de sitio debido a los niveles de daños que está presente o al nivel de riesgo en el que se encuentra, respecto al terreno, por lo que se considera más factible un traslado de la familia que una medida de mitigación de riesgo.

Se debe verificar si la familia posee un lote aparte del que actualmente ocupa para determinar un posible traslado en caso de que la condición en la que se encuentre se muy mala o en algún momento de ocurrir cualquier de los fenómenos anteriormente descritos.

La medida de seguridad que se debe de tomar respecto a la vivienda para garantizar la seguridad de las personas son las siguientes:

- Restringir el paso
- Evacuar parcialmente
- Apuntalar

- Demoler elemento peligroso
- Evacuar edificación vecina

2.1.3.3.11. Criterios para estimar una nueva edificación del sitio

Cuando el predio se encuentra en riesgo muchas veces es imposible contemplar la construcción futura de una edificación, ya que esta debilita el terreno lo que hace que aumente el riesgo. Los siguientes aspectos determinan criterios para estimar una nueva edificación en el sitio.

- Indicios de inestabilidad del suelo dentro del terreno evaluado: en los planes de ordenamiento territorial de los municipios se deben tener en cuenta áreas de alta y muy alta susceptibilidad a deslizamientos, debido a la inestabilidad natural del suelo y del terreno.

La mencionada inestabilidad del suelo es resultado de la interacción de variables abióticas, que se puede determinar y localizar geográficamente mediante estudios de carácter cualitativo.

Factores erosionabilidad del perfil del suelo, lluvias y pendientes complejas, son suficientes y apropiados para determinar espacios con inestabilidad del suelo, mediante la aplicación de superposición de cartografía temática. Inestabilidad del suelo que junto a la inestabilidad del subsuelo conducen a su vez a determinar la inestabilidad del terreno. Algunos índices pueden ser la presencia de lo siguiente:

- Agrietamiento en el suelo
- Nacimiento de agua dentro del sitio

- Árboles o cercos torcidos
- Grietas en viviendas por asentamiento diferencial
- Ruptura de tubería de drenaje o agua

- Pendiente del sitio: la pendiente del sitio se puede clasificar en 4 rangos ya que al no contar con equipo necesario de medición y de seguridad se puede clasificar según el ojo y criterio de cada uno de los evaluadores como los siguientes rangos:
 - 0 – 2 grados
 - 3 – 15 grados
 - 16 – 30 grados
 - 31 – 45 grados
 - Mayor a 45 grados

- Condiciones de no utilización del sitio: existen varias condiciones para que el sitio pueda ser declarado como no utilizable, esto determina que ni en un futuro será posible la construcción de alguna estructura en el lugar y no es factible ningún tipo de medida de mitigación para el riesgo que actualmente posee.

Los parámetros evaluados para determinar las condiciones de no utilización del sitio fueron las siguientes:

- El terreno fue parcial o totalmente afectado por flujos de lodos o deslizamiento, tanto escarpes o depósitos.
- El sitio fue afectado por sitios que cambiaron su cauce, aún cuando se haya restablecido el cauce original.
- El terreno se encuentra sobre abanicos aluviales.

- El lote se encuentra a menos de 5 veces la altura de taludes verticales que superan los 2 metros de altura.
- El terreno está sobre o debajo de ladera que presenta grietas o gradas en el sitio.
- El lugar ha presentado históricamente inundación (área equivalente a 5 veces el ancho del cauce).
- El terreno se encuentra total o parcialmente sujeto al área de anegamiento, encharcamiento o pantano.

2.1.3.3.12. Aspectos sociales

Los aspectos sociales son muy importantes a la hora de evaluar el riesgo en cada uno de los predios, ya que los datos obtenidos de este campo ayuda a determinar características del factor más importante: la vida humana.

Con estos datos se puede determinar qué medidas se tomarán con las personas antes de un evento, y en el peor de los casos, esta información sirve para tener datos exactos de personas afectadas por eventos.

Para esta evaluación se tomó en cuenta los siguientes datos de aspectos sociales:

- Cantidad de hombres y mujeres menores de edad (0 a 17 años)
- Cantidad de hombres y mujeres adultas (18 a 65 años)
- Cantidad de hombres y mujeres adultos mayores (mayores de 65 años)
- Número de familia que habitan el lugar.

2.1.3.3.13. Existencia de muros especiales

La existencia de algún muro especial ayuda a mitigar el riesgo para la vivienda si este se encuentra en buenas condiciones, es por ello que es importante determinar si cada uno de los hogares cuenta con algún tipo de muro especial que provea seguridad a la estructura.

El evaluador debe determinar si existe un muro perimetral y uno de contención y además el estado en que se encuentra cada uno.

2.1.4. Digitalización de información

Este proceso consiste en la transformación de la información analógica, en este caso todo lo obtenido de las evaluaciones en información digital apta para ser tratada. Existen diferentes formas de digitalizar información, generalmente depende del tipo de información. Toda la información se digitalizará mediante el uso de sistemas de información geográfica.

2.1.4.1. Sistemas de información geográfica (GIS)

Un sistema de información geográfica (SIG o GIS) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión.

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a

los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e inversamente preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos con el fin de generar otra nueva que no se podría obtener de otra forma.

Los datos SIG representan los objetos del mundo real (carreteras, el uso del suelo, altitudes). Los objetos del mundo real se pueden dividir en dos abstracciones: objetos discretos (una casa) y continuos (cantidad de lluvia caída, una elevación). Existen dos formas de almacenar los datos en un SIG: raster y vectorial.

2.1.4.2. QGIS

Es un sistema de información geográfica (SIG) de código libre, permite manejar formatos raster y vectoriales.

El software Quantum GIS puede ser modificado libremente de tal manera que pueda realizar diferentes y más especializadas funcionalidades.

2.1.4.3. Metadatos

Son datos que describen otros datos. En general, un grupo de metadatos se refiere a un grupo de datos que describen el contenido informativo de un

objeto al que se denomina recurso. El concepto de metadatos es análogo al uso de índices para localizar objetos en vez de datos.

A continuación se muestra un fragmento de la tabla completa de metadatos, la tabla completa se encuentra adjunta en la sección de anexos.

Tabla I. **Metadados de ubicación de vivienda**

Ubicación de vivienda				
NOMBRE CAMPO	CODIFICACION CAMPO	TIPO DE DATO	LONGITUD	DESCRIPCIÓN
DEPARTAMENTO	DEPTO	TEXTO	10	Departamento donde se ubica la vivienda
MUNICIPIO	MUN	TEXTO	30	Municipio donde se ubica la vivienda
LUGAR POBLADO	LUG_POB	TEXTO	40	Tipo de lugar poblado y nombre
DIRECCIÓN	DIR	TEXTO	40	Dirección del predio
TIPO DE AREA	TIP_ARE	TEXTO	6	Tipo de área donde se encuentra el predio (Rural/Urbana)
AÑO DE CONSTRUCCIÓN00	ANO_CON	ENTERO	4	Año en el que se construyó la vivienda

Fuente: elaboración propia.

2.1.4.4. **Tabla de atributos**

Las tablas de atributos de entidades son conjuntos especiales de tablas creados para varias clases de entidad. Las tablas de atributos de entidad son archivos de datos INFO que contienen varios elementos predefinidos y atributos adicionales definidos por el usuario para cada entidad. Se puede crear varias tablas de atributos de entidad para una cobertura, cada una asociada con una clase de entidad determinada. Una tabla de atributos de entidad toma el nombre de la cobertura con un código de tres letras que indica el tipo de tabla de atributos de entidad.

2.1.4.5. Delimitación de predios en riesgo

Se tomaron 3 conjuntos de viviendas de la aldea El Pueblito las cuales se encuentran en riesgo. Estas son conocidas por los pobladores, de una forma no oficial, como: Puente de San Remo, Finca San Remo y centro de aldea El Pueblito.

Mediante el uso de una imagen satelital en QGIS y una capa que delimita manzanas se procedió a la delimitar cada uno de los predios con cada uno de los datos recopilados, los cuales se registraron en la tabla de atributos enlazándola con cada uno de los predios trazados para esto se utilizaron los polígonos.

Las entidades poligonales son zonas cerradas como presas, islas, límites del país, entre otros. Como las entidades de polilínea, los polígonos se crean de una serie de vértices que se conectan con una línea continua. Sin embargo, debido a que un polígono siempre describe un área cerrada, el primer y último vértice deberán siempre estar en el mismo lugar, Los polígonos regularmente tienen geometría compartida que son límites que tienen en común con un polígono vecino. Muchas aplicaciones SIG tienen la capacidad para asegurar que los límites de los polígonos vecinos coinciden exactamente.

Como con los puntos y las polilíneas, los polígonos poseen atributos. Los atributos describen cada polígono. En el caso de este proyecto son atributos que brindan información del estado respecto a riesgo en el que se encuentran los predios.

Como resultado se delimitaron 33 predios que se encuentran en riesgo de las 3 áreas anteriormente descritas.

2.1.4.6. Creación de capas

Para visualizar la información de interés de una forma más ordenada y más entendible se administran y utilizan en un entorno SIG. La mayoría de aplicaciones SIG agrupa las entidades vectoriales en capas. Los objetos espaciales de una capa tienen el mismo tipo de geometría (En este caso todos son polígonos de una información precisa) y los mismos tipos de atributos (por ejemplo, información sobre el tipo de daño estructural, condición respecto al sitio, entre otros). Por ejemplo si ha grabado los lugares que sufren de inundación, por lo general se almacenarán juntos en el disco duro del ordenador y se muestran en el SIG como una sola capa. Esto es conveniente porque le permite ocultar o mostrar todas las entidades de la capa en la aplicación SIG con un solo clic del ratón.

2.1.4.7. Gráfica y estadística

- Predios en riesgo: al solo evaluarse predios en riesgo, el total (33 predios) están clasificados como sitios en riesgo.

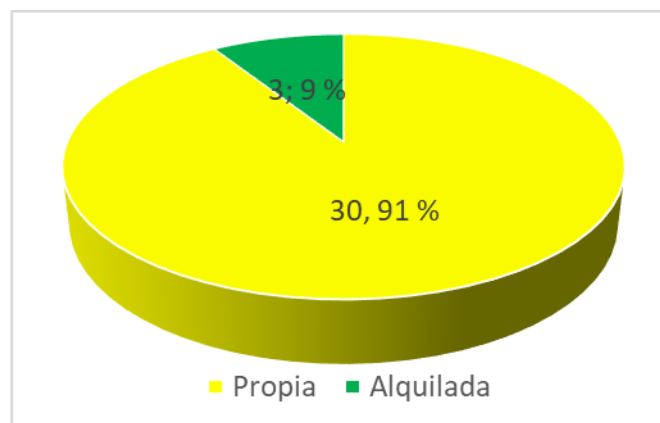
Figura 16. **Gráfica de predios en riesgo**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Propiedad de la vivienda: la figura 17 nos muestra que la mayoría de las casas en zonas de riesgo cuenta con vivienda propia y solo el 9% (3 predios) son casas alquiladas.

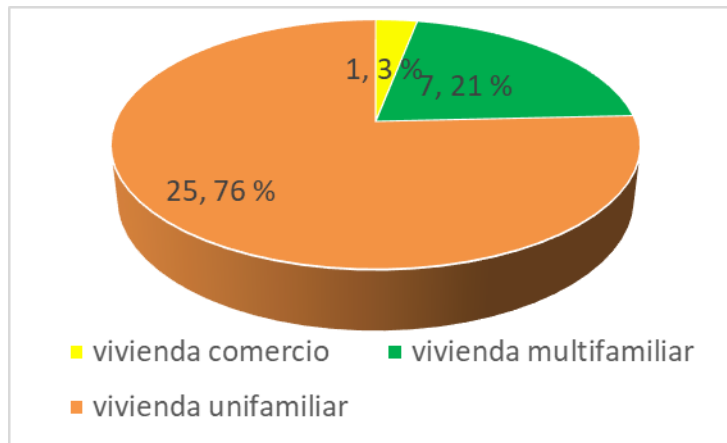
Figura 17. **Gráfica de propiedad de la vivienda**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Uso del inmueble: se puede observar que las tres zonas no son comerciales, es su mayoría está compuesto de inmuebles utilizados para viviendas unifamiliares seguido por viviendas multifamiliares. En cuestión de riesgo los inmuebles utilizados como vivienda son los primordiales debido a que ellos resguardan mayor cantidad de personas de distintas edades a toda hora a diferencia de un comercio.

Figura 18. **Gráfica de uso de inmuebles**

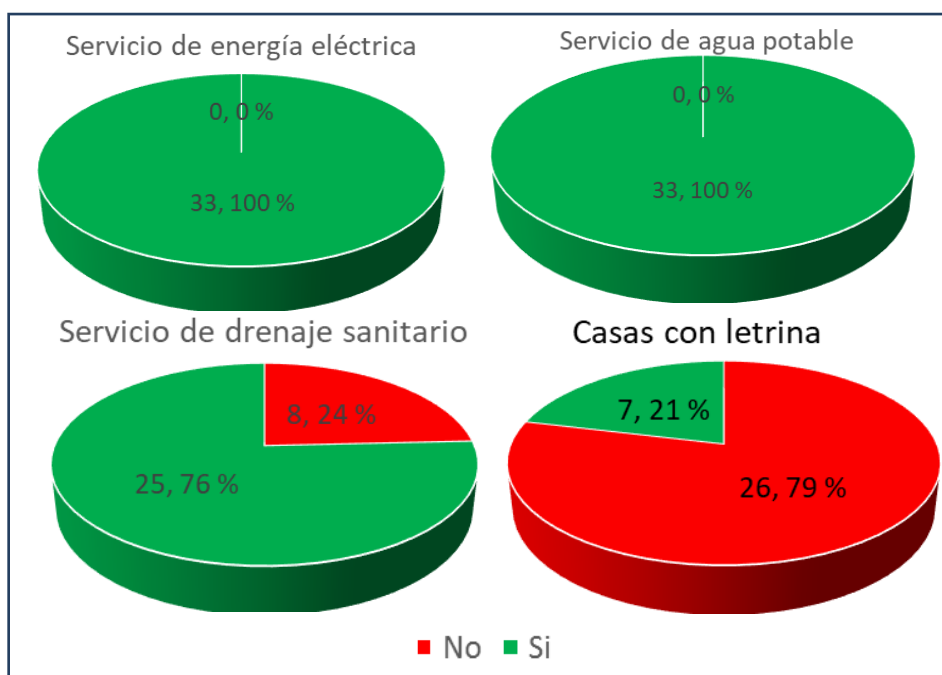


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Servicios básicos: como se puede observar en la Figura 19 todas las casas cuentan con servicio de energía eléctrica y cuentan con acceso a servicio de agua potable, sin embargo, existen algunas que no cuentan con drenaje sanitario y en su lugar cuentan con letrina.

De todos los servicios la ausencia de drenaje sanitario puede contribuir a la creación de zonas de riesgo, muchas veces las personas vierten las aguas negras a campo abierto y cuando se encuentran en laderas las vierten a los barrancos lo que crea socavamiento.

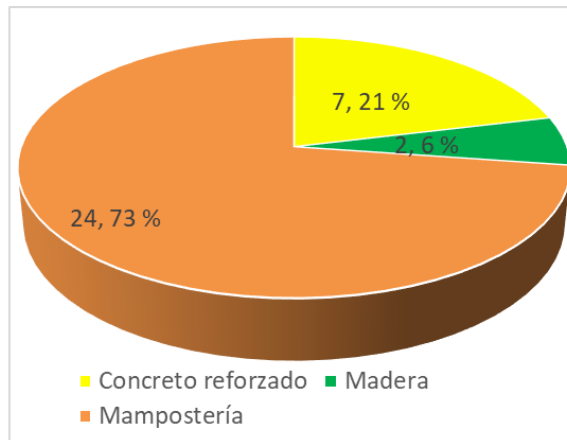
Figura 19. **Gráficas de acceso a servicios básicos**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Configuración estructural: la mayoría de viviendas (73 %) están elaboradas utilizando una configuración estructural de mampostería, la cual es la más común en Guatemala y segura a la hora de un evento sísmico. Tan solo 7 casas utilizan un sistema estructural de concreto reforzado (el más seguro de los 3 encontrados en el lugar) sin embargo, es un número mayor que el porcentaje de casas con una configuración estructural de madera.

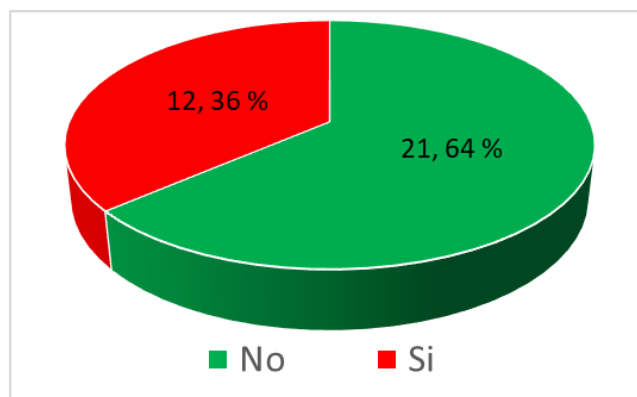
Figura 20. **Configuración estructural de las viviendas**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- **Indicios de daños anteriores:** los daños anteriores indican que las casas ya presentan daños por lo que la estructura no posee la misma resistencia con la que contaba al momento de construirse, son 12 (36 %) casas las cuales presentan indicios de daños anteriores.

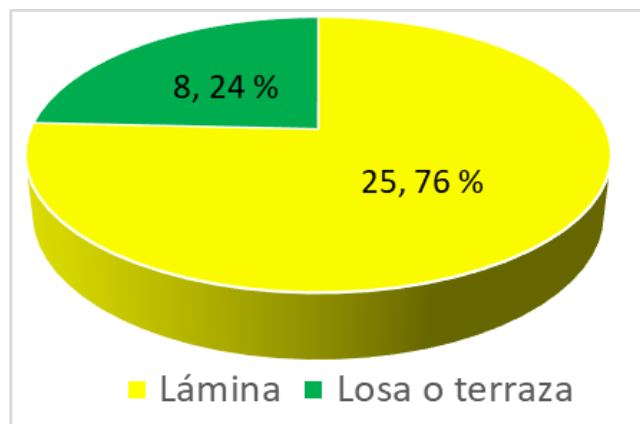
Figura 21. **Viviendas con daños anteriores**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Material predominante en el techo: en su mayoría las viviendas cuentan con techos compuesto de láminas lo que los vuelve vulnerables a vientos fuertes, lluvias y poca capacidad de aislar el calor, si se compara con la losa o terraza que crea una capa más impermeable.

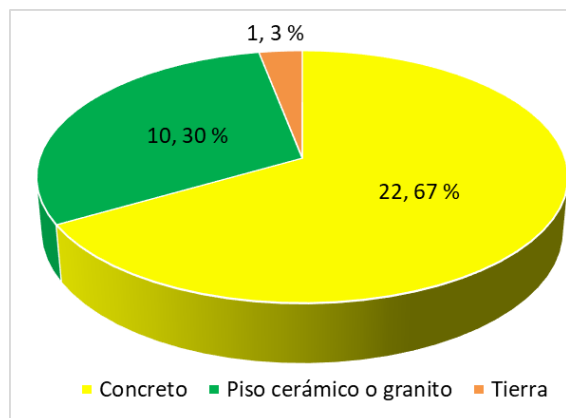
Figura 22. **Material predominante en el techo de las viviendas**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Material del piso interior: la mayoría de población cuenta con un piso interior de concreto y otros más con piso cerámico. Tan solo una vivienda aun cuenta con piso de tierra.

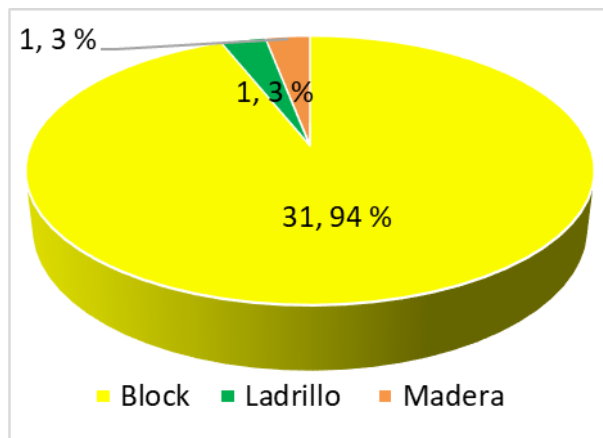
Figura 23. **Material del piso interior de la vivienda**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Material predominante en muros: en los muros de las casas tienen mayor presencia el block en los muros, solo se encontró una casa con ladrillo y otra con madera.

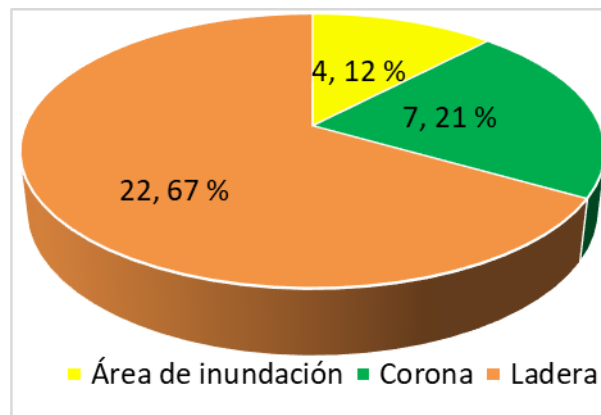
Figura 24. **Material predominante en muros de vivienda**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Condición de la estructura respecto al terreno: la mayoría de casas (22 viviendas) se encuentran ubicadas en laderas, lo que hace latente el riesgo de deslizamiento o movimiento de ladera, exponiendo vidas humanas por derrumbes sobre y bajo el nivel de la vivienda, el 21 % se encuentra en la corona teniendo el riesgo de derrumbes solo bajo nivel del terreno, el otro 12 % se encuentra en área de inundación.

Figura 25. **Gráfica de la condición de la estructura respecto al terreno**

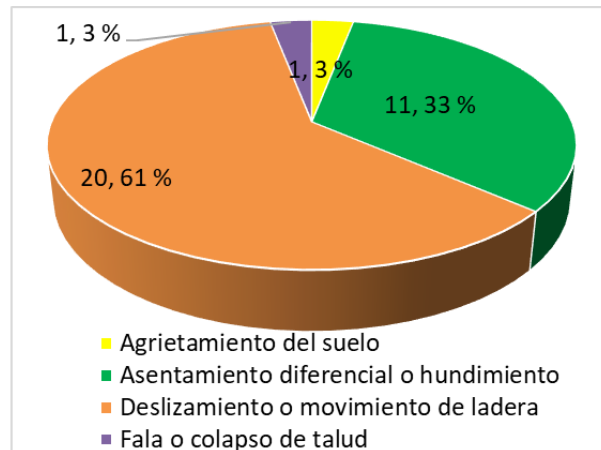


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Condición del sitio: debido al lugar en el que se posicionan los predios se determina que la mayoría de sitios se encuentran en áreas de deslizamiento o movimiento de ladera, esto va en relación con la gráfica anterior.

11 son los predios que se encuentran en área de asentamiento diferencia o hundimiento y el resto se encuentran en áreas de agrietamiento del suelo y falla o colapso de talud.

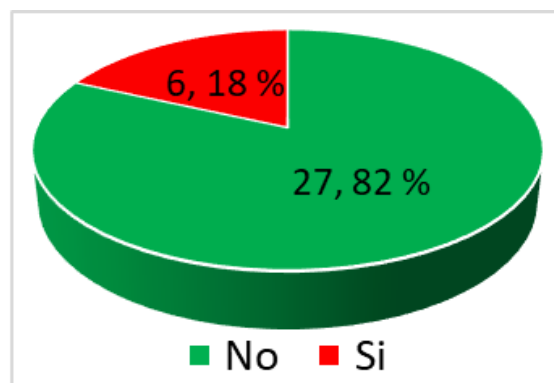
Figura 26. **Gráfica de condición de sitio**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Desplome de paredes: del total de casas evaluadas tan solo 6 son las que presentan desplome de alguna pared.

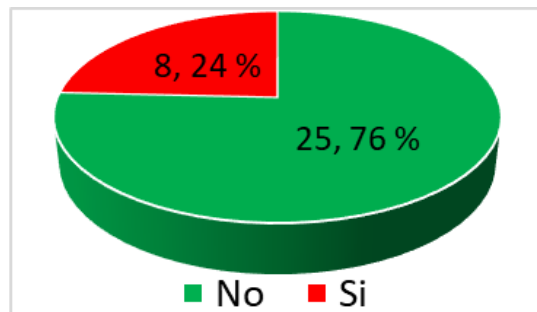
Figura 27. **Gráfica de desplome de paredes**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Grietas en estructura: de los 33 predios evaluados hay 8 viviendas que presentan algún tipo de grieta en la estructura. La mayoría no presenta este problema.

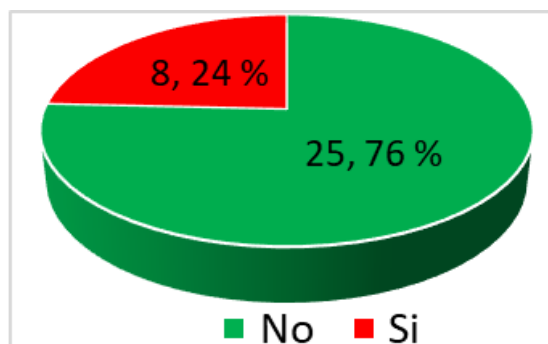
Figura 28. **Gráfica de viviendas con grietas en estructura**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Hundimiento en la estructura: 8 son las casas que tienen hundimientos en la estructura el cual es indicio de algún problema en el suelo.

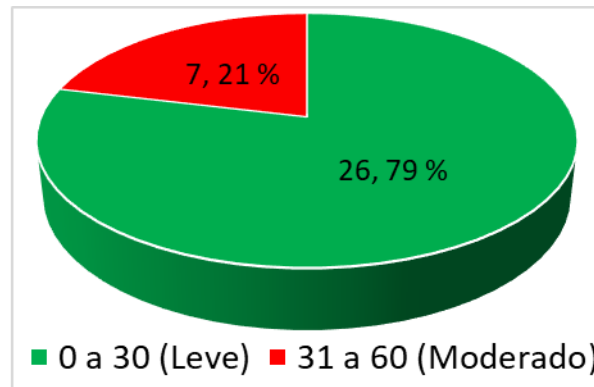
Figura 29. **Gráfica de hundimientos en estructuras de vivienda**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Porcentaje de daño global: la mayoría de viviendas presentan un daño leve en la estructura son tan solo 7 de las 33 que tienen daños moderados. Para ambas clasificaciones se puede tomar medidas para reforzar la estructura. No se encontró alguna vivienda con la estructura con daño severo.

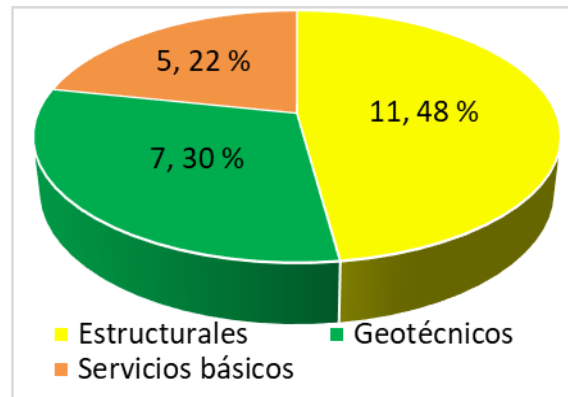
Figura 30. **Gráfica de porcentaje de daño global en viviendas**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Tipo de visita especializada: la mayoría de viviendas (11 viviendas) únicamente necesitan visitas especializadas para tratar la estructura, 7 viviendas necesitan una visita geotécnica para los problemas que actualmente tienen dentro del predio y 5 necesitan servicios básicos, ya que los que actualmente carecen contribuye al aumento del riesgo en el lugar.

Figura 31. **Gráfica de tipo de visita especializada en predio**



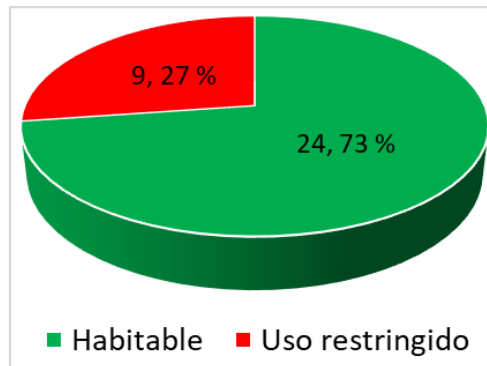
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Nivel de habitabilidad: 24 predios de 33 que fueron evaluados debido a los distintos factores tomados en cuenta anteriormente, en las gráficas se pueden declarar por el momento como predios habitables ya que a pesar de presentar algún tipo de daño aún se encuentra a tiempo de mitigar el daño de alguna manera.

9 viviendas de las 33 se pueden declarar como de uso restringido ya que los daños que presentan son mayores o el riesgo en el que se encuentran es alto, por lo que su uso es limitado, no se recomienda la construcción o algún tipo de modificación en el terreno o vivienda.

No se encontró algún predio que tuviera que declararse como inhabitable. La condición de habitabilidad está sujeta a cambios dependiendo del aumento o disminución del riesgo.

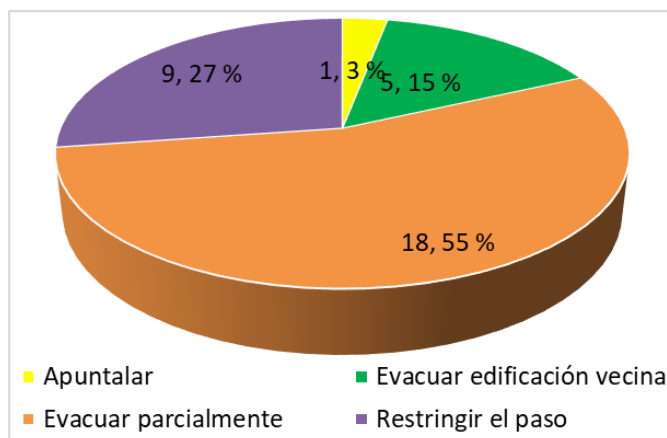
Figura 32. **Gráfica de nivel de habitabilidad de las viviendas**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Medida de seguridad: 18 viviendas deberían de evacuarse parcialmente para resguardar algún tipo de material en caso de desastres que puedan contribuir al riesgo, en 9 se debe de restringir el paso, en 5 evacuar la edificación vecina y 1 apuntalar.

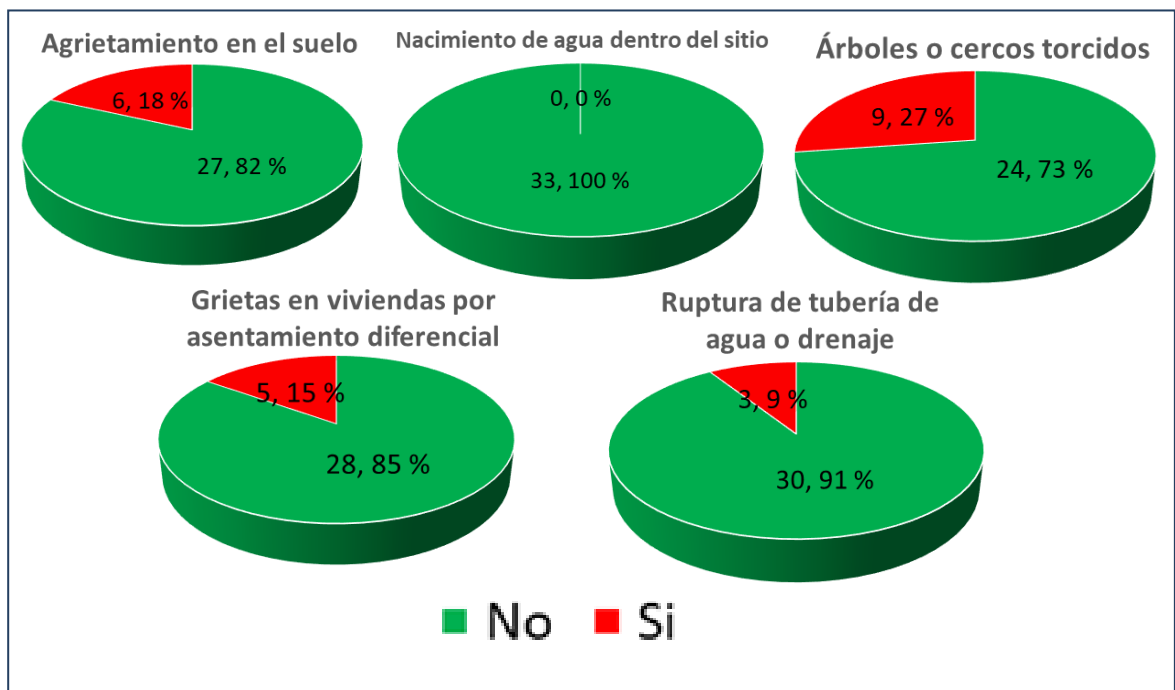
Figura 33. **Gráfica de medidas de seguridad para predios**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Inestabilidad del suelo dentro del terreno evaluado: A través de las 5 anteriores evaluaciones se puede ver en las gráficas que en su mayoría hay una ausencia de estas características en los predios evaluados, por lo que se puede determinar que en su mayoría aún se puede clasificar como un sitio estable los lugares donde están asentados estos predios.

Figura 34. **Gráfica de factores que determinan la inestabilidad del terreno evaluado**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.1.5. Mapas

Luego de haber recopilado información mediante las evaluaciones en los predios considerados en riesgo por medio de la mesa técnica y haber procesado esta información en el sistema de información geográfica QGIS se

ordenó y administró la información en distintas capas que muestra la distribución de factores de interés dentro de las zonas de riesgo de la aldea El Pueblito, todo este proceso dio como resultado 40 mapas con las características que se consideraron importantes a tomar debido a la influencia que tienen en el riesgo, sin embargo, es posible que más adelante, dependiendo de la información a necesitar o consultar, se puedan obtener más mapas o combinaciones de los ya existentes.

Los 40 mapas obtenidos en la realización de este proyecto se muestran en la sección de anexos al final de este documento.

3. DISEÑO DE CARRETERA EN ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA

3.1. Descripción del proyecto

El proyecto de diseño de carretera en aldea Piedra Parada El Rosario se identificó las características importantes.

3.1.1. Alcances del proyecto

El proyecto tiene como fin primordial comunicar la aldea Piedra Parada El Rosario con la zona 16 de la ciudad capital de Guatemala y con la aldea Piedra Parada Cristo Rey del municipio de Santa Catarina Pinula.

Las condiciones en las que se encuentra actualmente la carretera son desfavorables para transitar, debido a la falta de mantenimiento y un mal diseño. El procedimiento a seguir es un rediseño de esta vía de comunicación con el propósito de permitir una mejor circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad.

La geometría de la vía tendrá como premisa básica la de ser segura a través de un diseño simple uniforme y consistente

3.1.2. Preliminar de campo

Consistió en la obtención de la información de campo necesaria para el diseño del proyecto. Esta información comprende el ancho de calzada, el derecho de vía establecido y pendientes del terreno.

3.1.3. Selección de ruta

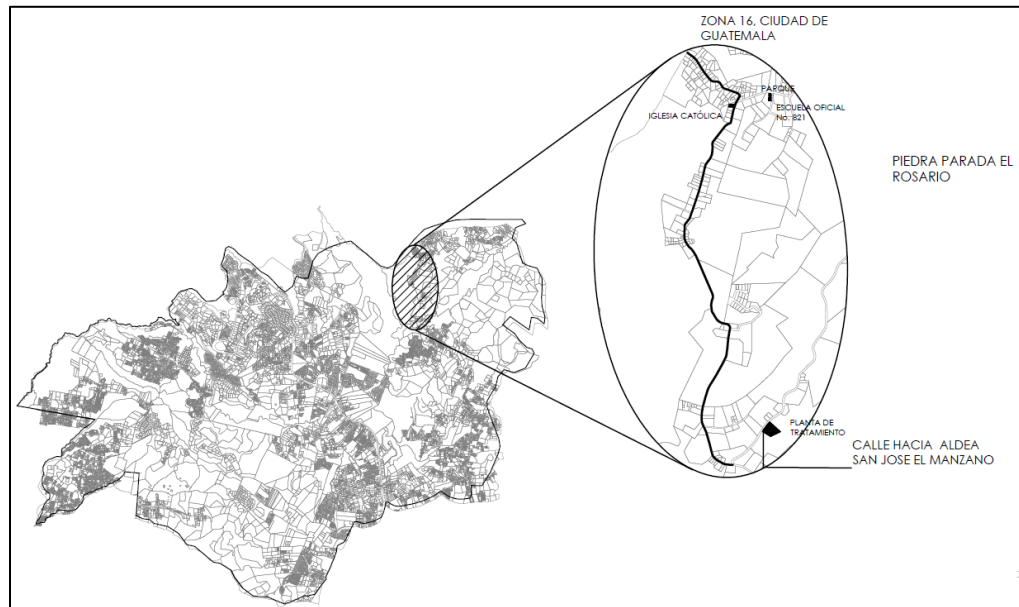
El proceso de seleccionar una ruta por medio de dos puntos para su unión se omitió debido a la existencia de una ruta.

La ruta seleccionada es la ya existente y clasificada por el Ministerio De Comunicación Infraestructura y Vivienda como ruta departamental (RD) GUA-40.

La ruta inicia en el punto con longitud $90^{\circ} 26' 49,03''$ O, latitud $14^{\circ} 34' 33,07''$ N y con una altitud de 1 845 msnm.

La ruta finaliza en el punto con longitud $90^{\circ} 26' 54,89''$ O, latitud $14^{\circ} 35' 27,81''$ N y con una altitud de 1 827 msnm.

Figura 35. **Ruta de la carretera de la aldea Piedra Parada El Rosario**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.

3.1.4. Clasificaciones de rutas

Las rutas tienen varias clasificaciones de acuerdo a diferentes características que poseen algunas de estas clasificaciones ayudan a determinar el diseño que tendrá la carretera ya que indica que demanda tiene que satisfacer.

3.1.4.1. Clasificación en función de volúmenes de tránsito

Las carreteras se pueden clasificar por tipo, dicha clasificación la rige el volumen de vehículos que la transitan que nos ayuda a determinar la demanda de usuarios que tendrá la carretera.

Un buen diseño de una carretera se logra cuando se cuenta con información importante sobre la cantidad de vehículos que la utilizan durante el periodo de diseño que se tenga contemplado.

La cantidad de vehículos que transitan una ruta se obtiene a veces de manera sistemática por medios mecánicos y manuales a través de los denominados aforos vehiculares, los cuales consisten en realizar un conteo de cada uno de los vehículos que recorren la ruta durante un periodo de tiempo establecido, con el fin de obtener el transito promedio diario (TPD).

Según el manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana -SIECA- los rangos de clasificación por TDP son:

- 500 – 3,000 Vpd
- 3,000 - 10,000 Vpd
- 10,000 - 20,000 Vpd
- Mayor de 20,000 Vpd

3.1.4.1.1. Transito promedio diario

El transito promedio diario es la cantidad de vehículos que se estima que recorren al día una ruta específica este se puede obtener de distintas maneras luego de promediarse conteos vehiculares en distinta cantidad de días a mayor cantidad de días de aforo mayor es la exactitud de este dato.

Para determinar el TPD, que fuera útil en el diseño de la carretera de la aldea Piedra Parada El Rosario, se realizó un aforo vehicular que se tomó en un punto específico a la par de la iglesia católica de la misma aldea.

El aforo se realizó entre 6:00 am y 6:00 pm, donde se tomó la cantidad de los vehículos que transitan por la aldea Piedra Parada El Rosario en ambos sentidos, separándolos por tipo y obteniendo un resultado de estas 12 horas, luego de hacer una proyección equivalente a las 12 horas restantes del día se obtuvo un TPD de 9 595 Vpd.

Los resultados del TDP en Vpd clasificados en 7 tipos de vehículos se muestran en la Tabla II

Tabla II. **Resultados del TPD por tipo de vehículo en vpd**

	Tipo de vehículos						
	Autos cerrados	Pick up	Buses	Microbuses	Camión C2	Camión C3	TOTAL
Total	6 143	1 313	103	188	245	6	7 998

Fuente: elaboración propia.

3.1.4.2. Clasificación por topografía del terreno

Esta clasificación separa las rutas de acuerdo a sus características topográficas predominantes en el tramo en el que se trazará la carretera.

Cada una de estas se clasifican con base en las pendientes de las laderas naturales en el entorno y transversales a la vía.

En Guatemala los terrenos se clasifican en plano (P), ondulado (O) y montañoso (M), de acuerdo con los parámetros que indica la tabla III

Tabla III. **Clasificación del tipo de terreno de acuerdo a las pendientes naturales**

Tipo de terreno	Pendiente máxima media de las líneas de máxima pendiente del terreno (%)
Plano (P)	0 – 5
Ondulado (O)	5 – 15
Montañoso (M)	15 - 30

Fuente: CÁRDENAS GRISALES James. *Diseño Geométrico de Carreteras*. p 121.

La pendiente máxima del terreno de acuerdo con la topografía tomada es de 18,54 % lo que según la tabla II la clasifica como un terreno tipo montañoso (M) ya que ofrece dificultades y los costos de cortes y rellenos se elevan ya que son demasiados.

3.1.5. Velocidad de diseño

Esta velocidad se determina luego de clasificar la ruta por volúmenes de tránsito y la topografía del lugar, es la velocidad máxima que en condiciones de seguridad pueden ser mantenidas en una determinada sección de una carretera, cuando las condiciones son tan favorables como para hacer prevalecer las características del diseño utilizado (SIECA 60)

La velocidad de diseño será siempre la misma en los distintos diseños que se realizan de la carretera, tanto vertical como horizontal, la cual será importante para calcular cada uno de los elementos en base a parámetros relacionados con la misma.

Tomando en consideración las referencias anteriores en el manual de diseño geométrico de carreteras de SIECA, muestra la tabla IV las variaciones

recomendables en las velocidades de diseño para las carreteras de la red regional, teniendo a la vista solamente lo que se refiere a los rangos de volúmenes de tránsito para diseño y las condiciones topográficas del terreno, sea que se trate de terreno plano, ondulado o montañoso. Por debajo de los 50 kilómetros por hora, la velocidad es más propia de caminos de bajos volúmenes de tránsito, que escapan a la tipología de las carreteras centroamericanas.

Tabla IV. **Velocidades de diseño en kilómetros por hora, en función de los volúmenes de tránsito y la topografía del terreno**

Tipo de Terreno	Volúmenes de tránsito Diario o TPD, en vpd			
	>20 000	10 000-20 000	3 000-10 000	500-3 000
Plano	110	90	80	70
Ondulado	90	80	70	60
Montañoso	70	70	60	50
Clasificación	Autopista regional	Troncal suburbana	Troncal rural	Colectora suburbana/rural

Fuente: SIECA. *Manual centroamericano de diseño geométrico de carreteras*. p 83.

De acuerdo a los criterios de clasificación anteriores por topografía, el tipo de terreno es montañoso y de acuerdo al volumen de tránsito diario se encuentra en el rango de 3 000 a 10 000 vpd. Con estas características según la tabla III la velocidad de diseño de la carretera debe ser de 60 kph.

Como se puede ver en el manual centroamericano de Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales de acuerdo a su TDP clasifica la carretera de la aldea Puerta Parada El Rosario en una troncal rural.

3.2. Levantamiento topográfico

Este levantamiento se realiza trazando una poligonal abierta, es decir, sin cerrar circuitos, la cual se forma con ángulos y tangentes entre estaciones con el fin de obtener los datos de las características topográficas del terreno.

Este conjunto de datos se procesa de forma gráfica de modo que proporcione una perspectiva de las variantes del relieve del terreno de interés, por lo que se necesita de mucha precisión y los errores deben ser casi imperceptibles.

El levantamiento topográfico realizado en la ruta seleccionada se realizó con la ayuda de una estación total marca Leica Tc805 con prisma constante de 30 mm, la cual proporciona las distancias, ángulos horizontales y verticales mediante una onda electromagnética portadora con distintas frecuencias que rebotan en un prisma ubicado en el punto que se desea medir.

Con la estación total se realizó la poligonal que estaba conformada por 27 estaciones de las cuales se trazaron un total de 970 radiaciones para obtener la mayor cantidad de información y datos para procesar un relieve muy real, cada una de estas radiaciones se realiza donde el relieve tenga cambios significativos de alturas o para identificar elementos como cunetas, pozos de visita, muros, drenajes, entre otros.

Como resultado de un levantamiento topográfico se obtienen las curvas de nivel que son líneas con una cota de altura determinada, entre líneas cuentan con la misma diferencia de altura entre ellas.

3.2.1. Planimetría

Mediante la planimetría se obtiene los conjuntos de tangentes y ángulos que presenta la distribución del terreno de forma horizontal, los cuales se trasladan como una superficie plana.

3.2.2. Altimetría

Con la altimetría se busca obtener datos del conjunto de pendientes que puedan proporcionar la altura o cota de cada uno de los puntos de nuestro interés, respecto a un plano de referencia y representar el relieve del terreno.

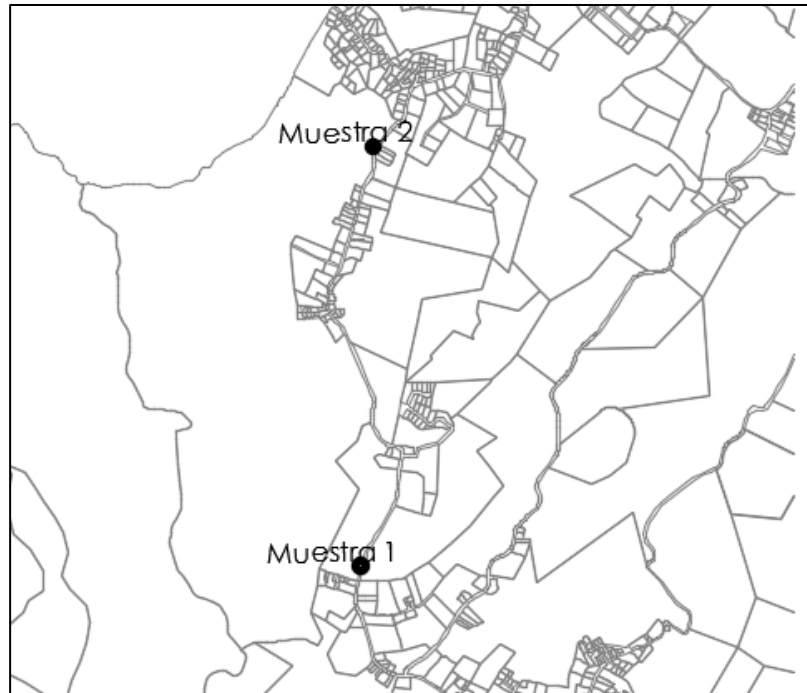
3.3. Estudios de suelo

Las carreteras deben diseñarse y construirse para resistir y mantener adecuadamente el paso de los vehículos, esto se logra adoptando criterios de resistencia, seguridad y uniformidad mediante un correcto diseño de la estructura del pavimento, la cual se diseña de acuerdo al tipo de suelo en el que se cimentará.

Los estudios de suelo determinan las características importantes del mismo para diseñar un pavimento capaz de cumplir con trabajo requerido durante el tiempo para el cual será diseñado.

Los estudios de suelo se realizan a muestras que se extraen, para el proyecto de la carretera de la aldea Piedra Parada El Rosario, se obtuvieron dos muestras en distintos puntos.

Figura 36. **Lugares donde se extrajeron muestras para estudios de suelo**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.

3.3.1. Ensayo de compactación Proctor modificado

Es uno de los ensayos para estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. El ensayo proctor proporciona datos para determinar la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada.

El ensayo proctor modificado, a diferencia del ensayo proctor estándar, utiliza diferente energía, la cual se modifica según el caso variando el número de golpes, pistón, molde y número de capas para determinar la máxima

densidad que es posible alcanzar para los suelos en determinadas condiciones de humedad y energía.

El ensayo consiste en compactar una porción de suelo en un cilindro con volumen conocido, haciéndose variar la humedad para obtener la curva que relaciona la humedad y la densidad seca máxima a determinada energía de compactación. El punto máximo de esta curva corresponde a la densidad seca máxima en ordenadas y a la humedad óptima en abscisas.

Para las muestras de suelo para la carretera de la aldea Piedra Parada El Rosario se utilizó el ensayo proctor modificado siguiendo la Norma AASHTO T-180 el cual proporcionó los siguientes resultados:

Tabla V. **Resultados de ensayo Proctor modificado**

	Muestra 1	Muestra 2
Descripción del suelo	Arcilla color café	Limo arenoso color café
Densidad seca máxima (vd)	1 218 kg/m ³ 76,0 lb/pie ³	1 400,15 kg/m ³ 87,4 lb/pie ³
% de humedad óptima	43,3 %	22,8 %

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Valor soporte California (CBR)

Mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para evaluar la calidad del terreno para subrasante, subbase y base de pavimentos, este se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad.

Este es uno de los parámetros necesarios obtenidos en los estudios de suelos previos a la construcción y puede efectuarse en terreno compactado.

Este procedimiento mide la carga necesaria para penetrar un pistón de dimensiones determinadas a una velocidad previamente fijada en una muestra compactada de suelo después de haberla sumergido en agua durante cuatro días a la saturación más desfavorable y luego de haber medido su hinchamiento.

La muestra se sumerge para prever la hipotética situación de acumulación de humedad en el suelo después de la construcción. Por ello después de haber compactado el suelo y de haberlo sumergido, se penetra con un pistón conectado a un pequeño plotter que genera una gráfica donde se representa la carga respecto la profundidad a la que ha penetrado el pistón dentro de la muestra.

La gráfica obtenida por lo general es una curva con el tramo inicial recto y el tramo final cóncavo hacia abajo, cuando el tramo inicial no es recto se le corrige.

Tabla VI. **Resultados de CBR para muestra 1**

Probeta	Golpes	PUS de compactación		C	Expansión	CBR
Núm	Núm.	H(%)	(Lb/pie³)	(%)	(%)	(%)
1	10	43,5	68,6	90,3	2,5	5
2	30	43,5	72,5	95,4	2,61	15,2
3	60	43,5	75	98,6	2,39	28

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Resultados de CBR para muestra 2**

Probeta	Golpes	PUS de compactación		C	Expansión	CBR
Núm.	Núm.	H (%)	(Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	22,8	79,1	90,5	-0,05	8,4
2	30	22,8	84,2	96,34	-0,04	22,1
3	60	22,8	87,40	100	0,06	35,2

Fuente: elaboración propia.

3.3.3. Límites de Atterberg

Se basan en el concepto de que un suelo de grano fino solo puede existir cuatro estados de consistencia según su humedad. Así un suelo se encuentra en estado sólido cuando está seco. Al agregársele agua poco a poco, va pasando sucesivamente a los estados de semisólido, plástico y, finalmente, líquido. Los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg.

Los ensayos se realizan en el laboratorio y miden la cohesión del terreno y su contenido de humedad, para ello se forman pequeños cilindros de espesor con el suelo. Siguiendo estos procedimientos se definen tres límites:

- Límite líquido: cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de casagrande.
- Límite plástico: cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico.
- Límite de retracción o contracción: cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y se contrae al perder humedad.

El ensayo de los límites de Atterberg para estas muestras de suelo dio como resultado lo siguiente:

Tabla VIII. **Resultados de ensayo de Límites de Atterberg**

Muestra núm.	LL (%)	IP (%)	Clasificación	Descripción del suelo
1	70,5	19,8	MH	Arcilla color café
Clasificación según carta de plasticidad				
2	36,1	9,7	ML	Limo arenoso color café
Clasificación según carta de plasticidad				

Fuente: elaboración propia.

3.3.4. **Granulometría**

En este ensayo se trata de medir y graduar los granos de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

El tamaño de un grano, clasto o partícula no siempre es fácil de determinar cuando son irregulares, se suele definir como el diámetro de una esfera de su mismo volumen, y se expresa en milímetros. En los cantos de mayor tamaño se suele hacer la media de las tres medidas ortogonales máximas, aunque no se corten en el mismo punto.

El método de determinación granulométrico más sencillo es hacer pasar las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramado (a modo de coladores) que actúen como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices.

Para su realización se utiliza una serie de tamices con diferentes diámetros que son ensamblados en una columna. En la parte superior donde se encuentra el tamiz de mayor diámetro se agrega el material original (suelo o sedimento mezclado) y la columna de tamices se somete a vibración y movimientos rotatorios intensos en una máquina especial. Luego de algunos minutos, se retiran los tamices y se desensamblan, tomando por separado los pesos de material retenido en cada uno de ellos y que, en su suma, deben corresponder al peso total del material que inicialmente se colocó en la columna de tamices.

Tomando en cuenta el peso total y los pesos retenidos, se procede a realizar la curva granulométrica con los valores de porcentaje retenido que cada diámetro ha obtenido. La curva granulométrica permite visualizar la tendencia homogénea o heterogénea que tienen los tamaños de grano (diámetros) de las partículas.

Tabla IX. **Resultado de ensayo de granulometría**

Muestra 1	Descripción del suelo	Limo arenosa color café		Porcentajes y diámetros		
	% de grava			0		
	Clasificación	S.C.U	MH	% de arena	49,22	
P.R.A		A-7-5	% de finos	50,78		
Muestra 2	Descripción del suelo	Limo arenosa color café		Porcentajes y diámetros		
				% de grava	0,06	D10:NA
	Clasificación	S.C.U	ML	% de arena	61,55	D30:NA
		P.R.A	A-4	% de finos	38,39	D60: 0,35 mm

Fuente: elaboración propia.

3.4. Diseño geométrico horizontal de carretera

El diseño geométrico horizontal de una carretera consiste en el alineamiento horizontal el cual es una planta formada por tangentes que son rectas que se entrelazan entre sí por medio de curvas, ambas cumplen con requisitos que satisfacen las necesidades de seguridad, comodidad y estética para las personas que transitan por dicha carretera.

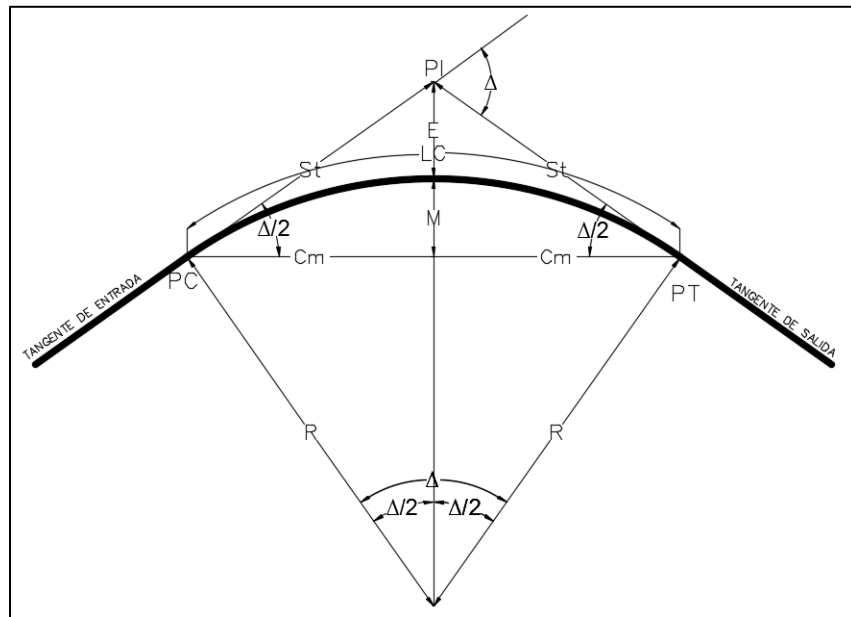
El alineamiento horizontal se proyecta en el plano horizontal obtenido del levantamiento topográfico planimétrico.

3.4.1. Curvas circulares simples

Las curvas circulares son arcos de círculos con determinado radio que unen dos tangentes consecutivas que cuentan con diferente dirección para evitar que las personas que transitan, cambien de dirección bruscamente.

Las curvas simples pasan de una curvatura 0 a una curvatura constante de $1/R$, estas curvas son llamadas simples ya que conservan el mismo radio desde el inicio hasta el final de la curva, para el diseño de la carretera de la aldea Piedra Parada El Rosario únicamente se usaron curvas simples, el radio mínimo se intentó utilizar el radio mínimo en todo el diseño del alineamiento pero debido a que ya se tenía una brecha delimitada donde pasa la carretera existente y por la topografía del terreno no todas las curvas cumplen con el valor de radio mínimo propuesto más adelante en la tabla X.

Figura 37. Partes de una curva



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Los elementos que componen una curva simple son los siguientes:

- **R**: radio de curva simple es la distancia que tendrán varios puntos que forman el arco respecto a un punto fijo o centro del círculo, hay una distancia de radio mínimo que va en función de la velocidad de diseño de la carretera.

Tabla X. **Radioos mínimos de curva**

Radioos mínimos de curva			
>20,000	10,000-20,000	3,000-10,000	500-3,000
195 – 560	195 -335	135 - 250	90 – 195

Fuente: SIECA. *Manual centroamericano de diseño geométrico de carreteras*. p. 92.

- G: grado de curvatura
- Δ :  ngulo de deflexión de las tangentes.
- Lc: longitud de curva.
- St: subtangente es la distancia entre PC y PI que también está presente entre PI y PT.
- Cm: cuerda máxima es la distancia que hay entre PC y PT.
- E: external es la distancia entre el PI al punto medio de la curva.
- M: ordenada media distancia desde el punto medio de la curva al punto medio de la cuerda máxima.
- PC: principio de curva es el punto donde termina la tangente de entrada y da inicio a la curva.
- PI: punto de intersección es el punto donde se intersectan las tangentes cuando se prolongan.
- PT: principio de tangente es el punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.

3.4.1.1. Ejemplo de c culo de curva circular simple

Curva: 1

R: 135 m

Δ : 8  48' 4,68"

Grado de curvatura

$$G = \frac{1\,145,9156}{R} = \frac{1\,145,9156}{135} = 8,49^\circ$$

Longitud de curva

$$Lc = \frac{20\Delta}{G} = \frac{20 * (8^\circ 48' 4,68'')}{8,49^\circ} = 20,74 \text{ m}$$

Subtangente

$$St = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 135 * \tan\left(\frac{8^\circ 48' 4,68''}{2}\right) = 10,39 \text{ m}$$

Cuerda máxima

$$Cm = 2R * \text{sen}\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 2 * (135) * \text{sen}\left(\frac{8^\circ 48' 4,68''}{2}\right) = 20,72 \text{ m}$$

External

$$E = \frac{R}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)} - R = \frac{135}{\cos\left(\frac{8^\circ 48' 4,68''}{2}\right)} - 135 = 0,4 \text{ m}$$

Ordenada media

$$M = R \left[1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right] = 135 \left[1 - \cos\left(\frac{8^\circ 48' 4,68''}{2}\right)\right] = 20,72 \text{ m}$$

3.4.2. Curvas de transición

Cuando un vehículo en movimiento entra a una curva simple experimenta la fuerza centrífuga, los conductores para evitar la incomodidad y contrarrestar dicha fuerza sobre el vehículo tienden a acortar la curva por lo que pasan a ocupar otro carril, si la carretera es de dos carriles en ambos sentidos, representa un peligro.

Las curvas de transición a diferencia de las curvas simples presentan variaciones de radio durante su recorrido haciendo que entre el final de la tangente de entrada y la curva el aumento de la curvatura sea gradual de la misma forma entre el final de la curva simple y la entrada a la tangente de salida asimilando el movimiento del timón que realizan los usuarios en la curva, esto se logra mediante.

De forma diferente a las curvas simples, las curvas de transición tienen variaciones de radio durante su recorrido, esto permite que la manera en que los usuarios entran a la curva sea de forma gradual y no brusca, asimilando el movimiento del timón del vehículo, estas curvas evitan que las personas que se desplazan por la carretera tengan que acortar la curva ingresando al otro carril esto se genera porque un cuerpo en movimiento al entrar a un movimiento circular experimenta la fuerza centrífuga lo que tiende a desplazarlos a otro carril y lo que claramente representa un peligro.

Debido a que usar curvas de transición implica cambiar en las curvas el tramo con el que ya se contaba, no se tomaron en cuenta para el diseño de esta carretera para evitar invadir terrenos privados.

3.4.3. Peralte

El peralte siempre se necesita cuando un vehículo viaja en una curva cerrada a una velocidad determinada para contrarrestar las fuerzas centrífugas y el efecto adverso de la fricción que se produce entre la llanta y el pavimento.

En curvas con radios de gran amplitud este efecto puede ser desestimado. De acuerdo con la experiencia se ha demostrado que una tasa de sobreelevación de 0,12 no deber ser excedida, debido al control combinado que

ejercen los procesos constructivos, las dificultades para el mantenimiento y el efecto de la incomodidad para el movimiento de vehículos lentos. Donde se limite la velocidad permisible por la congestión del tránsito o el extenso desarrollo marginal a lo largo de la carretera, la tasa de sobreelevación no debe exceder entre 4 y 6 %. Dado que las condiciones meteorológicas y topográficas imponen condiciones particulares en los diseños.

El peralte utilizado a lo largo de las curvas para la carretera en la aldea Piedra Parada El Rosario será de 3 %.

3.4.4. Sobreancho

Los sobreanchos se diseñan siempre en las curvas horizontales de radios pequeños combinados con carriles angostos, para facilitar las maniobras de los vehículos en forma eficiente, segura, cómoda y económica. Los sobreanchos son necesarios para acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo pesado y para compensar la dificultad que enfrenta el conductor al tratar de ubicarse en el centro de su carril de circulación. En las carreteras modernas con carriles de 3,6 metros y buen alineamiento, la necesidad de sobreanchos en curvas se ha disminuido a pesar de las velocidades, aunque tal necesidad se mantiene para otras condiciones de la vía.

Para calcular el sobreancho se utiliza la siguiente fórmula:

$$Sa = \frac{l}{Ls} * Sa$$

Donde:

L = diferencia entre los tramos a analizar

Ls = longitud de la espiral o longitud de curva

Sa = sobreancho obtenido de las tablas en relación al tipo de carretera, grado de curvatura y velocidad

Para establecer el sobreancho de curvas deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

- En las curvas circulares sin transición, el sobreancho total debe aplicarse en la parte interior de la calzada. El borde externo y la línea central deben mantenerse como arcos concéntricos.
- Cuando existen curvas de transición, el sobreancho se divide igualmente entre el borde interno y externo de la curva, aunque también se puede aplicar totalmente en la parte interna de la calzada. En ambos casos, la marca de la línea central debe colocarse entre los bordes de la sección de la carretera ensanchada.
- El ancho extra debe efectuarse sobre la longitud total de transición y siempre debe desarrollarse en proporción uniforme, nunca abruptamente, para asegurarse que todo el ancho de los carriles modificados sean efectivamente utilizados. Los cambios en el ancho normalmente pueden efectuarse en longitudes comprendidas entre 30 y 60 metros.
- Los bordes del pavimento siempre deben tener un desarrollo suave y curvado atractivamente para inducir su uso por el conductor.
- Los sobreanchos deben ser detallados minuciosamente en los planos constructivos y por medio de controles durante el proceso de construcción de la carretera.

Para el diseño de la carretera de la aldea Piedra Parada El Rosario no se contempló el diseño de sobreancho, ya que el ancho de los carriles está limitado por las viviendas y propiedades que se encuentran en la aldea, por lo

que el espacio es reducido e impide construir sobreanchos, y debido a la baja velocidad de diseño de la carretera se puede compensar la falta de sobreancho.

3.4.5. Bombeo

El bombeo de una carretera consiste en la pendiente transversal de una carretera de primera clase con dos carriles en tangente, debe ser del 2 % del centro de la sección hacia fuera. Cuando existan más de dos carriles por sentido, cada carril adicional irá incrementando su pendiente transversal entre 0,5 y 1,0 %. En áreas de intensa precipitación pluvial, la pendiente de los carriles centrales puede incrementarse a 2,5 %, con un medio por ciento incremental en los carriles contiguos hacia fuera, pero sin superar un 4 %

Para superficies de calidad intermedia como la de la aldea Piedra Parada El Rosario, la pendiente transversal desde la cresta de la sección puede fijarse entre 1,5 y 3 %, en tanto que las carreteras con superficie de rodamiento de baja calidad, el rango de pendiente trasversal puede fijarse entre 2 y 4 %.

Para el caso de la carretera en la aldea Piedra Parada El Rosario se utilizará un bombeo de 3 %.

3.5. Diseño geométrico vertical de carretera

Las carreteras cuentan también con un diseño vertical que consiste en una proyección vertical de la subrasante respecto a la proyección del perfil natural del terreno.

En el diseño geométrico vertical se busca que la subrasante cumpla con distintos criterios y normas tratando de modificar lo mínimo el perfil natural del

terreno para evitar grandes trabajos de movimientos de tierra y así evitar el aumento del costo en el proyecto.

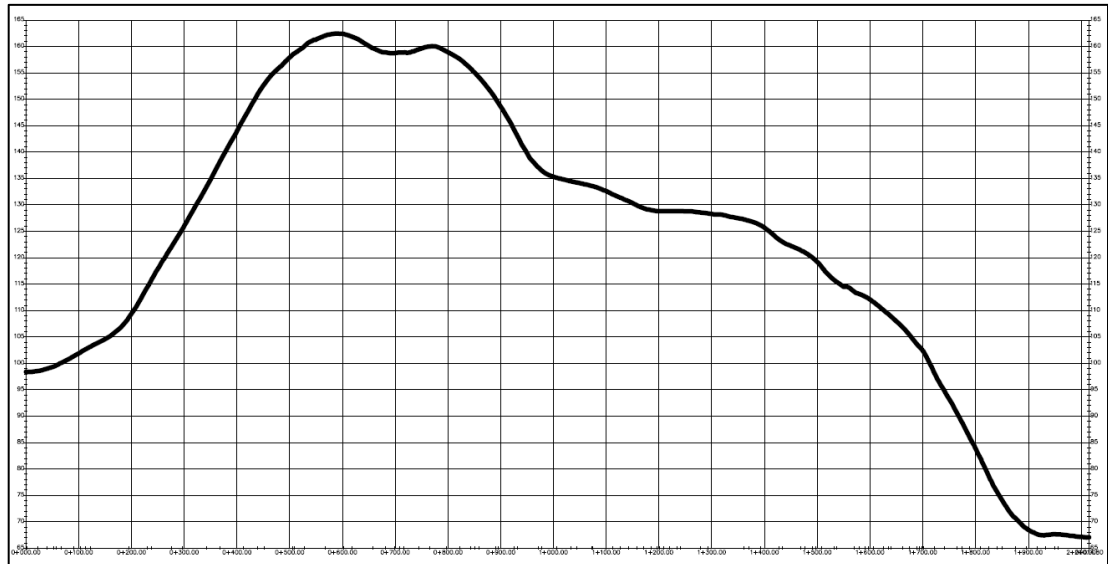
3.5.1. Perfil natural del terreno

Es la representación gráfica en dos dimensiones del relieve con el que cuenta el terreno de nuestro interés para obras de poca anchura, en este caso el relieve con el que cuenta la aldea Piedra Parada El Rosario en donde pasará la carretera.

Este perfil se obtiene haciendo un corte transversal sobre las curvas de nivel del terreno que se obtuvieron en el levantamiento topográfico.

El perfil generalmente se dibuja con una escala vertical y una distinta escala horizontal donde se busca que la escala vertical pueda resaltar las irregularidades del terreno.

Figura 38. **Perfil natural de terreno donde pasará la carretera en aldea Piedra Parada El Rosario**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

3.5.2. Proyección de subrasante

La subrasante se traza sobre el perfil natural del terreno e indica donde pasará la carretera y la forma en que interactuará con el relieve para determinar las modificaciones que se llevarán a cabo.

La subrasante de las carreteras al igual que el alineamiento horizontal se compone de líneas tangentes verticales y de curvas que se intercalan entre sí.

3.5.3. Tangentes verticales

Son las líneas rectas verticales que conforman la subrasante, estas poseen cierta longitud que se mide desde el punto donde termina la curva

anterior y empieza la curva siguiente, estas tangentes también cuentan con una pendiente a lo largo de ellas.

La pendiente con la que cuenta la tangente es la relación que hay entre el cambio vertical y el cambio horizontal entre dos puntos, su expresión matemática en porcentaje es de la siguiente manera:

$$m = \left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right) * 100$$

Donde:

m = pendiente

Δy = cambio en el eje y (desplazamiento vertical)

Δx = cambio en el eje x (desplazamiento horizontal)

Estas pendientes no deben dificultar el tránsito de los vehículos por la carretera además de permitir también el escurrimiento longitudinal de las aguas de lluvia sobre la superficie de rodadura y en las cunetas es por esto que siempre se tiene en cuenta un valor de pendiente mínimo de al menos 0,3 % para terrenos planos según lo indica el Manual Centroamericano de Normas para Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales de SIECA.

Las tangentes verticales tienen lugar en medio de curvas las cuales les ayudan a unirse entre otras que tienen diferentes pendientes,

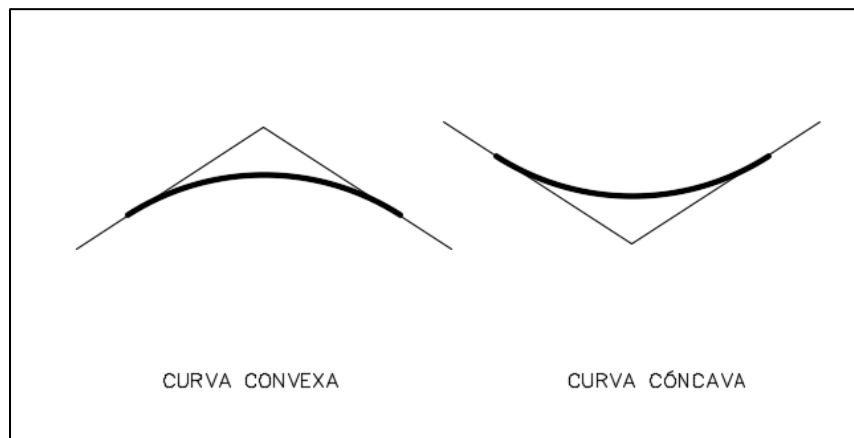
3.5.4. Curvas verticales

Son arcos circulares o parábolas que sirven de enlace de dos tangentes verticales con distinta pendiente durante la longitud de esta curva, se realiza un

cambio gradual de pendiente de las tangentes que se unen, de modo que dicho cambio presente un una operación segura, cómoda, de buena apariencia y que permita un drenaje adecuado.

Las curvas verticales pueden ser de dos tipos según su orientación: cóncavas o convexas

Figura 39. **Tipos de curvas verticales**

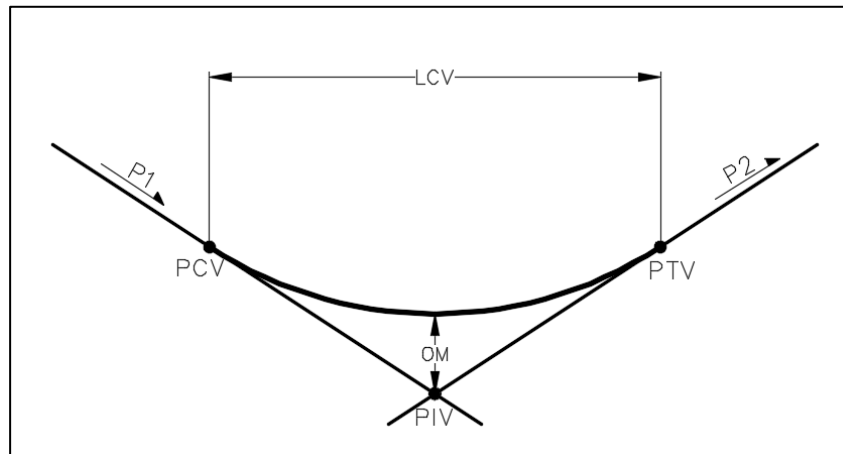


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

También existen curvas con ambas pendientes positivas que se clasifican como cóncavas y otras con ambas pendientes negativas que se clasifican como curvas convexas.

Las curvas verticales se componen por los siguientes elementos que se muestran en la figura

Figura 40. **Partes de una curva vertical**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Donde:

LCV = longitud de curva vertical

PCV = principio de curva vertical. Donde empieza la curva

PTV = principio de tangente vertical. Donde termina la curva

PIV = punto de intersección vertical. Es el punto donde se intersectan
las dos tangentes verticales

Pe = pendiente de entrada a la curva vertical

Ps = pendiente de salida de la curva vertical

OM = ordenada máxima, distancia entre el PIV y el la subrasante

Para calcular LCV se necesita de un coeficiente angular de curva vertical K , dependiendo de la velocidad de diseño; y si la curva es convexa o cóncava, este valor varía y define la curvatura de la parábola como una variación de longitud por unidad de pendiente. Este coeficiente K se puede obtener en la tabla XI:

Tabla XI. **Valores de K respecto a la velocidad de diseño**

Velocidad de diseño	Valores de K	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: elaboración propia.

Ya que la velocidad de diseño es de 60 Kph, los coeficientes K son de 12, tanto para las curvas cóncavas como las convexas.

Para determina LCV se tiene que encontrar buscando que cumpla con 4 requisitos: apariencia, comodidad, drenaje y seguridad.

3.5.5. Criterio de apariencia

Para el diseño de las curvas verticales es importante que permitan a los usuarios una visibilidad completa y en el caso de las cóncavas que el cambio de pendiente no sea de forma súbita permitiendo una circulación segura y eficiente mientras se desplazan a velocidad de diseño.

Para cumplir con los requisitos de apariencia, se tiene que cumplir con lo siguiente:

$$\frac{LCV}{\Delta} \geq 30$$
$$\Delta = P_s - P_e$$

Para el cálculo de las curvas verticales en el proyecto de la aldea Piedra Parada El Rosario, Ninguna cumple con el criterio de apariencia debido a la topografía del relieve y las casas existentes en algunos puntos, lo que hace imposible realizar algún movimiento de tierra en algunos puntos.

3.5.6. Criterio de comodidad

Como en las curvas horizontales los vehículos también experimentan una fuerza centrífuga sobre ellos en las curvas verticales, lo que vuelve incomodo transitarlas así como también el peso propio aporta dificultad al cambiar de dirección.

Para obtener una longitud de curva vertical que dé comodidad a los usuarios durante el recorrido de las curvas, se usa la siguiente expresión:

$$\frac{LCV}{\Delta} \geq \frac{V^2}{395}$$

Donde:

V= velocidad de diseño

3.5.7. Criterio de drenaje

Se toma en cuenta para que las curvas verticales a lo largo de toda la curva tengan la pendiente adecuada para que el agua pueda drenar de forma eficiente.

$$\frac{LCV}{\Delta} \leq 43$$

3.5.8. Criterio de seguridad

Este criterio toma en cuenta la seguridad de los usuarios teniendo en cuenta la visibilidad de parada a modo que durante el recorrido de la curva se tenga una visibilidad mayor o por lo menos igual a la de la parada.

$$LCV = K * \Delta$$

Este criterio proporciona la longitud mínima de la curva vertical, para el diseño de la carretera en la aldea Piedra Parada El Rosario se utilizará el valor mínimo.

Ejemplo de cálculo de curva vertical

Curva: 1

Pe: 0,26 %

Ps: 5,07 %

K: 12

Diferencia entre pendientes

$$\Delta = |P_s - P_e| = |5,07 - 0,26| = 4,81$$

Criterio de apariencia

$$\frac{LCV}{\Delta} \geq 30$$

$$\frac{57,72}{4,81} \geq 30$$

No cumple

Criterio de comodidad

$$\frac{LCV}{\Delta} \geq \frac{60^2}{395}$$

$$\frac{57,72}{4,81} \geq \frac{60^2}{395}$$

Sí cumple

Criterio de drenaje

$$\frac{LCV}{\Delta} \leq 43$$

$$\frac{57,72}{4,81} \leq 43$$

Sí cumple

Criterio de seguridad y Longitud de curva

$$LCV = K * \Delta = 12 * 4,81 = 57,7$$

Principio de curva vertical

$$Est. PCV = PIV - \frac{LCV}{2} = 0 + 037,06 - \frac{57,72}{2} = 0 + 008,2$$

$$Elev. PCV: 98,40 \text{ m}$$

Punto de intersección vertical

$$Est. PIV = 0 + 037,06$$

$$Elev. PIV = PCV + \frac{LCV}{2} * Pe = 98,40 + \frac{57,72}{2} * 0,26\% = 98,47 \text{ m}$$

$$OM = \frac{\Delta * LCV}{800} = \frac{4,81 * 57,72}{800} = 0,35$$

$$ELEV SUB = ELEV + OM = 98,48 + 0,35 = 98,83$$

Principio de tangente vertical

$$Est. PTV = PIV + \frac{LCV}{2} = 0 + 037,06 + \frac{57,72}{2} = 0 + 065,91$$

$$Elev. PTV = PIV + \frac{LCV}{2} * Ps = 98,47 + \frac{57,72}{2} * 5,07\% = 99,94 \text{ m}$$

Tabla XII. **Criterios de curvas verticales**

Curva	Pe	Ps	K	Δ	Apariencia	Comodidad	Drenaje	Seguridad
1	0,26	5,07	12	4,81	No cumple	Cumple	Cumple	57,72
2	5,07	17,66	12	12,59	No cumple	Cumple	Cumple	151,08
3	17,66	-1,57	12	19,23	No cumple	Cumple	Cumple	230,76
4	-1,57	-0,25	12	1,32	No cumple	Cumple	Cumple	15,84
5	-0,25	-13,75	12	13,5	No cumple	Cumple	Cumple	162
6	-13,75	-3,51	12	10,24	No cumple	Cumple	Cumple	122,88
7	-3,51	-0,74	12	2,77	No cumple	Cumple	Cumple	33,24
8	-0,74	-7,05	12	6,31	No cumple	Cumple	Cumple	75,72
9	-7,05	-19,18	12	12,13	No cumple	Cumple	Cumple	145,56
10	-19,18	-0,98	5	18,2	No cumple	No cumple	Cumple	91

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Propiedades de curvas verticales**

Curva	LCV	PCV		PIV				PTV	
		EST	ELEV	EST	ELEV	OM	EST SUBT	EST	ELEV
1	57,72	0+008,20	98,4	0+037,06	98,48	0,35	98,83	0+065,92	99,94
2	151,08	0+112,24	102,29	0+187,78	106,12	2,38	108,5	0+263,32	119,46
3	230,76	0+387,04	141,31	0+502,42	161,69	5,55	167,24	0+617,80	159,88
4	15,84	0+679,13	158,92	0+687,05	158,80	0,03	158,83	0+694,97	158,78
5	162	0+736,49	158,67	0+817,49	158,47	2,73	161,2	0+898,49	147,33
6	122,88	0+919,69	144,42	0+981,13	135,97	1,57	137,54	1+042,57	133,81
7	33,24	1+157,24	129,79	1+173,86	129,21	0,12	129,33	1+190,48	129,09
8	75,72	1+333,98	128,02	1+371,84	127,74	0,60	128,34	1+409,70	125,07
9	145,56	1+609,85	110,96	1+682,63	105,83	2,21	108,04	1+755,41	91,87
10	91	1+832,67	77,05	1+878,17	68,32	2,07	70,39	1+923,67	67,87

Fuente: elaboración propia.

3.6. Diseño de carpeta de rodadura

Para el diseño del pavimento de la carretera en la aldea Piedra Parada El Rosario se utilizará el método AASHTO de forma que resista determinado número de cargas durante su periodo de diseño o vida útil, utilizando factores importantes como el tránsito compuesto de vehículos de diferente peso y número de ejes.

Las diferentes cargas actuantes en un pavimento producen diferentes tensiones y deformaciones en el mismo, generando así fallas o deterioros distintos, con base en esto se deben convertir las cargas por eje de todos los tipos de vehículos que transitan en la carretera a un número de ejes equivalentes a 18 000 libras conocido como ESAL de diseño que produzcan el mismo daño que toda la composición de vehículos, por lo que se tiene que tener claro que el tipo de eje y peso es más importante que el peso del vehículo, en lo que respecta a desempeño del pavimento.

3.6.1. Cálculo de ESAL de diseño

Para realizar esta conversión se debe utilizar lo siguiente:

- Periodo de diseño: tiempo para el cual se tiene planificado que el pavimento cumpla con el servicio para los usuarios, muchas veces depende del presupuesto de las municipalidades y otras veces de la necesidad de los usuarios e importancia de vías de comunicación.

Tabla XIV. Periodo de diseño según tipo de carretera.

Tipo de carretera	Periodo de diseño (años)
Autopista regional	20 - 40
Troncales suburbanas	15 - 30
Troncales rurales	
Colectoras suburbanas	10 - 20
Colectoras rurales	

Fuente: elaboración propia.

Según la clasificación de volumen de tránsito vehicular de SIECA, la carretera de la aldea Piedra Parada El Rosario se clasifica en troncal rural por lo que su rango de periodo de diseño es de 15 a 30 años, y por decisión del departamento de planificación de la municipalidad de Santa Catarina Pinula será de 20 años.

- Índice de serviceabilidad: indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento de los vehículos el cual se va haciendo menor cuando se deteriora y conforme cumple su periodo de diseño. La superficie de desplazamiento cuenta con un índice de serviceabilidad inicial con el que es diseñado y un índice de serviceabilidad final con el que culmina su periodo de diseño.

Tabla XV. **Rangos de serviciabilidad según la condición**

PSR	CONDICIÓN
0-1	Muy pobre
1-2	Pobre
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

Fuente: elaboración propia.

Para la carretera de la aldea Piedra Parada El Rosario se tomó un índice de serviciabilidad buena de 4 para el diseño inicial y una serviciabilidad final pobre de 2.

$$P_o = 4$$

$$P_f = 2$$

La pérdida de serviciabilidad es la diferencia entre la planitud del pavimento al concluirse su construcción y su planitud al final del periodo de diseño.

$$\Delta PSI = P_o - P_f = 4 - 2 = 2$$

- Número estructural (S_n): se utiliza exclusivamente en pavimentos flexibles el cual a primera instancia es asumido, considerando uno adecuado para las cargas en servicio para el diseño de la carretera de la aldea Piedra Parada El Rosario se utilizó SN 2.

- Factores equivalentes (LEF): es un número que representa la relación entre la pérdida de serviceabilidad causada por una carga de un tipo de eje y la producida por el eje estándar de 18 000 libras en el mismo eje.

$$LEF = \frac{\text{Núm. de Esal de 18 000 lb que producen una pérdida de serviceabilidad}}{\text{Núm. de ejes de x carga que producen la misma pérdida de serviceabilidad}}$$

- Para obtener el valor de los LEF se utilizó las tablas D1a las D18 del apéndice D de la guía AASHTO para diseño de estructuras de pavimento de acuerdo al tipo de eje del vehículo, el S_n asumido, la serviciabilidad final y peso de vehículos, el cual se obtuvo del reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones, cuando un valor no es encontrado este se interpola.
- Factor camión: este es la suma de todo el daño producido por todos los ejes de determinado tipo de vehículo, es decir, la suma de los LEF.

El producto del factor camión con el tránsito de diseño da como resultado el ESAL para cada tipo de vehículo.

Tabla XVI. **Factor camión**

	Eje	Peso por eje (Kg)	Peso por eje (Kips)	LEF	F.C. (Σ LEF)
Automóviles	Simple		2	0,0002	0,0004
	Simple		2	0,0002	
Pick-ups	Simple		2	0,0002	0,0122
	Simple		6	0,012	
C2	Simple	5 500	13	0,2575	3,275
	Simple	10 000	23	3,03	
C3	Simple	5 500	13	0,2575	1,81
	Tándem	1 6500	37	1,565	
Microbuses	Simple	5 000	12	0,177	0,354
	Simple	5 000	12	0,177	
Buses	Simple	5 000	12	0,177	1,767
	Simple	9 000	20	1,59	

Fuente: elaboración propia.

- Factor de crecimiento de tránsito: para el cálculo de ESAL se debe utilizar el porcentaje de la tasa anual de crecimiento vehicular durante el periodo de diseño o de evaluación del pavimento, para el proyecto del diseño de la carretera en la aldea Piedra Parada El Rosario se utilizaron datos existentes en el área metropolitana donde se considera una tasa de crecimiento de 6 % para automóviles y pick-ups; 4 % para camionetas y microbuses; y 2 % para todo tipo de camión.

El método simplificado de AASHTO asigna un porcentaje fijo a los tipos de vehículos en este caso se pueden obtener de la tabla de factores de crecimiento de AASHTO, sin embargo a criterio del diseñador o de acuerdo al comportamiento real del tránsito este puede ser distinto para cada uno de los vehículos.

El factor de crecimiento de cada tipo de vehículo se multiplicará por la cantidad de vehículos obtenidos en el aforo y luego por 365 días del año para obtener el tránsito para el cual será diseñado el pavimento.

Tabla XVII. **Cálculo de ESAL**

Tipo de Vehículos	Factor de Crecimiento	TPD	Tránsito de Diseño	Factor Camión	ESAL de Diseño
Automóviles	36,79	6 143	82 490 355	0,0004	32 996
Pick-ups	36,79	1 313	17 631 424	0,0122	215 103
C2	29,78	245	2 663 077	3,275	8 721 577
C3	29,78	6	65 219	1,81	118 046
Microbuses	29,78	188	2 043 504	0,354	723 400
Buses	29,78	103	1 119 580	1,767	1 978 298
Ejes simples equivalentes a 18 000 lb					11 789 420

Fuente: elaboración propia.

El valor de ESAL calculado anteriormente debe ser afectado por el factor de dirección y el de carril, de acuerdo a las características de la vía y a la forma de haber realizado los conteos vehiculares.

- Factor de distribución por dirección (FD): Este factor afecta al total de flujo obtenido en los aforos vehiculares que por lo regular se tiene información en ambas direcciones.

Los flujos y pesos varían en mucho entre un sentido y otro, es por esto que es de suma importancia el criterio del diseñador.

Tabla XVIII. **Factor de distribución por dirección (FD)**

Número de carriles en ambas direcciones	FD
2	0,50
4	0,45
6 o más	0,40

Fuente: elaboración propia.

Debido a que la carretera en la aldea Piedra Parada El Rosario solo cuenta con dos carriles en ambas direcciones se toma el factor de distribución de dirección de 0,50.

- Factor de distribución por carril (FC): es definido por el carril de diseño por lo regular es el carril que recibe el mayor número de ESAL's (núm. mayor número de vehículos).

Para carreteras de dos carriles (1 por sentido) como el de la aldea Piedra Parada El Rosario cualquiera de ellos puede ser el de diseño.

Tabla XIX. **Factor de distribución por carril (FC)**

Número de carriles en una sola dirección	FC
1	1
2	0,8 – 1,00
3	0,6 – 0,80
4	0,50 – 0,75

Fuente: elaboración propia.

La carretera de la aldea Piedra Parada El Rosario cuenta con solo una dirección por lo que el factor de distribución será de 1.

- Cálculo de ESAL de diseño: El ESAL calculado anteriormente debe ser afectado por el factor de dirección y el factor de carril.

$$ESAL \text{ DISEÑO} = ESAL * FD * FC = 11\,789\,420 * 0,5 * 1 = 5\,894\,710$$

3.6.2. Parámetros de diseño de pavimento flexible

Los parámetros que influyen en el diseño de la estructura de un pavimento son los siguientes:

- Coeficiente de confiabilidad (R): es la probabilidad de que la estructura de pavimento cumpla su función prevista dentro de su vida útil, bajo las condiciones de carga y climáticas que se presenten durante ese periodo de tiempo.

Tabla XX. Valores de confiabilidad

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85 - 99,9	90 - 99,9
Arterias principales	80 - 90	75 - 99
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: AASHTO. Guía para diseño de estructuras de pavimentos. p 63.

Para la carretera de la aldea Piedra Parada El Rosario se tomó una confiabilidad de 80 % por ser una arteria principal en zona urbana.

- Coeficiente de desviación estándar (S_o): la varianza S_o del comportamiento del pavimento y el tránsito estimado en el periodo de diseño pueden ser determinados, si se dispone de suficiente información o también se recomienda utilizar los valores comprendidos dentro de los intervalos siguientes:

Tabla XXI. **Desviación estándar por tipo de pavimento**

Tipo de pavimento	S_o
Pavimentos flexibles	0,40 – 0,50
En construcción nueva	0,35 – 0,40
En sobre-capas	0,5

Fuente: elaboración propia.

El factor de desviación estándar seleccionado para el proyecto es de 0,4.

- Módulo de resiliencia (MR): es la característica especial que define la propiedad de los materiales que componen la subrasante, bases y subases, esta se obtiene de la siguiente fórmula:

$$MR = 2\,555 * CBR^{0,64}$$

Para el cálculo del módulo de resiliencia se utilizará el valor más crítico obtenido de los estudios de suelo, en este caso 28 %

$$MR_{BASE} = 2\,555 * 70^{0,64} = 38\,748,38$$

$$MR_{SR} = 2\,555 * 28^{0,64} = 21\,556,19$$

- Obtención del número estructural (SN) por medio de gráficas: el número estructural (SN) se puede obtener mediante una gráfica que relaciona confiabilidad R, desviación estándar (S_o), El número de ESAL de diseño (W_{18}), módulo de resiliencia (MR) y la pérdida de serviciabilidad ΔPSI .

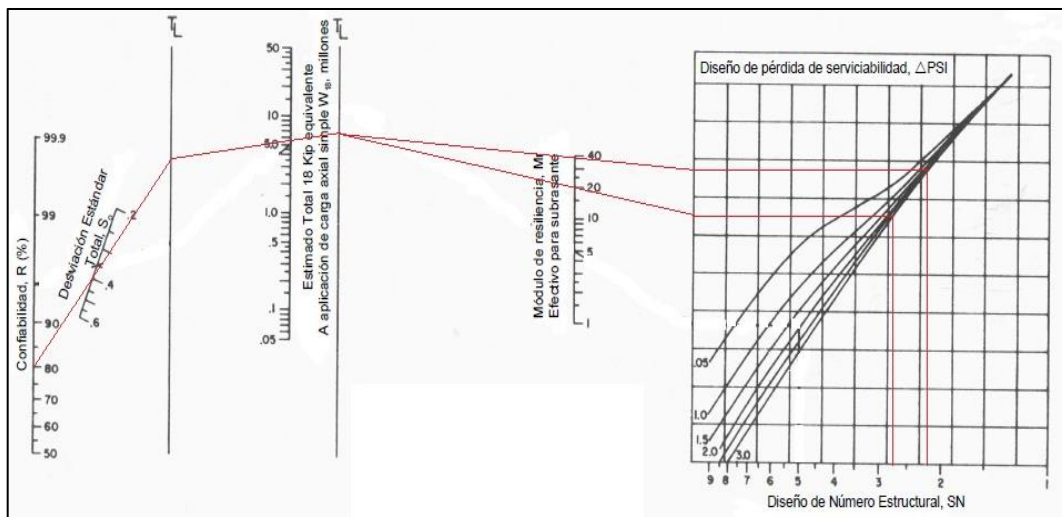
$R = 80 \%$

$W_{18} = 5\,894\,710$

$S_o = 0,4$

$\Delta PSI = 2$

Figura 41. Gráfica para determinar SN



Fuente: AASHTO. *Guía para diseño de estructuras de pavimentos*. p 42.

Esto da como resultado los números estructurales de la carpeta de rodadura, base y subrasante que son 2,2, 2,7 y 2,7; respectivamente.

- Coeficiente de drenaje (m_i): el valor de este coeficiente depende de dos parámetros: la capacidad del drenaje que se determina de acuerdo al tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento, y el porcentaje

de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación, en el transcurso del año.

Este se determina por la calidad de drenaje que va a poseer cada una de las capas que componen el pavimento. Un buen drenaje aumenta la capacidad portante de la subrasante (el módulo de resiliencia aumenta cuando baja el contenido de humedad). Se pueden obtener de la tabla XXII:

Tabla XXII. **Coeficiente de drenaje**

Calidad de drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1 %	1-5 %	5-25 %	>25 %
Excelente	1,25 – 1,2	1,2 - 1,15	1,15 – 1,10	1,10
Bueno	1,2 – 1,15	1,15 – 1,10	1,10 – 1,0	1,0
Regular	1,15 - 1,10	1,10 - 1,0	1,0 - 0,9	0,9
Pobre	1,1 – 1,0	1,0 – 0,9	0,9 – 0,8	0,8
Muy Pobre	1,0 – 0,9	0,9 – 0,8	0,8 – 0,7	0,7

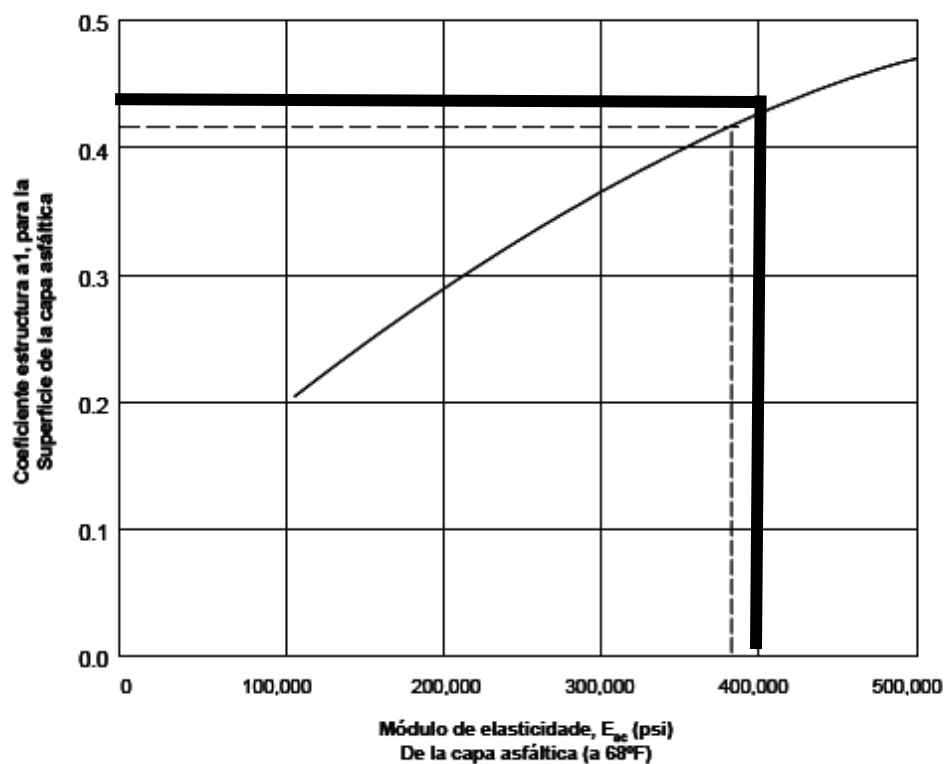
Fuente: elaboración propia.

Por las características del lugar se considera que el pavimento va a estar expuesto a la saturación el 25 % del tiempo y con una calidad de drenaje pobre, con estos datos se puede determinar el $m_1=0,8$.

- Coeficientes estructurales (a_i): estos van en función del módulo de resiliencia para ello ya existen gráficas de parámetros de AASHTO 93 de donde pueden ser obtenidas.

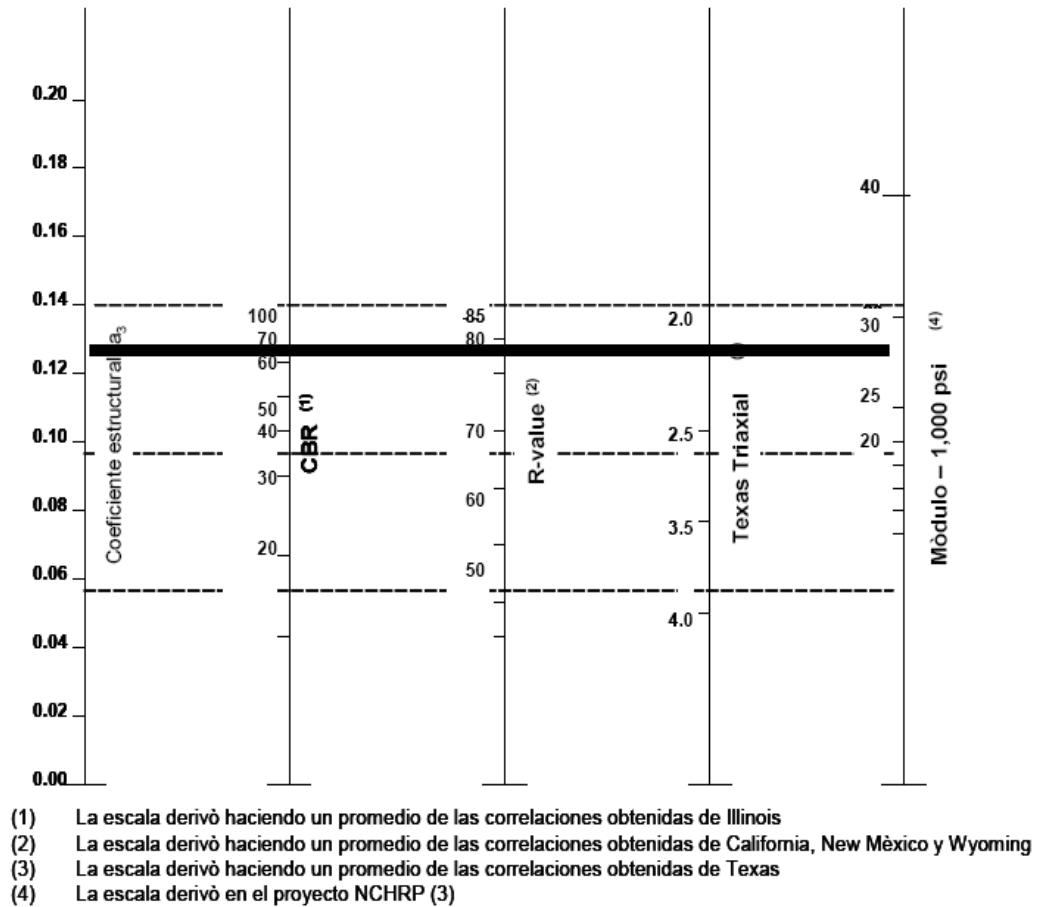
Para el presente diseño los coeficientes estructurales para la carpeta de rodadura, base y sub base según las gráficas dieron resultados de $a_1=0,44$, $a_2=0,124$; respectivamente, como se puede observar en las figuras 42 y 43.

Figura 42. **Coeficiente de capa asfáltica (a_1)**



Fuente: AASHTO. *Guía para diseño de estructuras de pavimentos*. p 72.

Figura 43. **Coefficiente de capa base (a₂)**



Fuente: AASHTO. *Guía para diseño de estructuras de pavimentos*. p 76.

3.6.3. Estructura del pavimento

La estructura del pavimento está conformada por las distintas capas que se superponen sobre la subrasante, cada una cuenta con una función diferente y características diferentes.

A continuación se muestra las distintas capas que conforman el pavimento y posteriormente el cálculo del mismo.

3.6.3.1. Subbase

Su principal función es soportar, transmitir y distribuir uniformemente las cargas provocadas por el tránsito, así que debe controlar los cambios volumétricos por presencia de humedad en la sub rasante.

La subbase también funciona como drenaje y contrala la ascensión de agua ya que interrumpe la capilaridad mientras actúa como barrera impidiendo que la base sea contaminada con material de sub rasante.

Muchas veces el material de la base y espesor de la misma es suficiente para cumplir con el trabajo de la subbase y de la misma base por lo que se diseñan pavimentos sin la capa de subbase, ayudando a reducir costos del pavimento como se realizó en esta ocasión para la carretera de la aldea Piedra Parada El Rosario.

3.6.3.2. Base

Es la capa que se encuentra bajo la carpeta de rodadura y sobre la subbase, debe de distribuir y transmitir las cargas de tránsito con una mayor resistencia y en ningún momento debe presentar cambios volumétricos por humedad.

3.6.3.3. Carpeta de rodadura

Como su propio nombre indica la capa de rodadura es la última capa que se aplica, por donde debe circular el tráfico, deben poseer un buen comportamiento ante el deslizamiento.

Para la carretera de la aldea Piedra Parada El Rosario se utilizará un pavimento flexible que a diferencia de un pavimento rígido, su estructura se deflecta o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él.

3.6.4. Cálculo de espesores de estructura del pavimento

El procedimiento del cálculo de espesores de la estructura del pavimento se basa en calcularlos a base del número estructural obtenido anteriormente para luego obtener otros números estructurales y realizar el procedimiento las veces necesarias para que cumpla con la siguiente relación:

$$SN_{APORT} \geq SN_{REQ}$$

Donde:

SN_{APORT} = SN aportado por el procedimiento

SN_{REQ} = SN requerido obtenido de la gráfica de acuerdo a las características de la subrasante.

Para encontrar el SN_{APORT} se utiliza las siguientes fórmulas:

$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1^* = a_1 * D_1^* \geq SN_1$$

$$D_2^* \geq \frac{SN_2^* - SN_1^*}{a_2 m_2}$$

$$SN_2^* = D_2^* * a_2 * m_2$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_{REQ}$$

Donde:

SN = número estructural

D = espesor

A = coeficiente estructural

M = coeficiente de drenaje

- Cálculo de espesores usando método AASHTO 93

Tabla XXIII. **Parámetro de diseño de pavimento**

Material	SN	a _i	m _i
Carpeta de rodadura	2,2	0,44	
Base	2,7	0,124	0,8
Sub rasante	2,7		

Fuente: elaboración propia.

$$D_1^* \geq \frac{2,2}{0,44} = 5'' \gg 5''$$

$$SN_1^* = 0,44 * 5 \geq 2,2$$

$$D_2^* \geq \frac{2,7 - 2,2}{0,124 * 0,8} = 5,04 \gg 6''$$

$$SN_2^* = 6 * 0,8 * 0,124 = 0,58$$

$$2,2 + 0,58 \geq 2,7$$

$$2,79 \geq 2,7$$

Luego de haber cumplido la condición se tienen los nuevos espesores para carpeta de rodadura y base, que son 5" y 6"; respectivamente.

Estos son equivalentes a 13 cm y 16 cm.

- Ancho de carriles: para el diseño de la carretera en la aldea Piedra Parada El Rosario se utilizará un carril por sentido, cada uno de 3 metros que es lo máximo que permite el espacio sin afectar a los predios de alrededor.

3.7. Movimientos de tierras

Son las actividades que consisten en el cambio de lugar de material que se encuentra dentro del área de construcción para poder obtener el perfil necesario para la carretera.

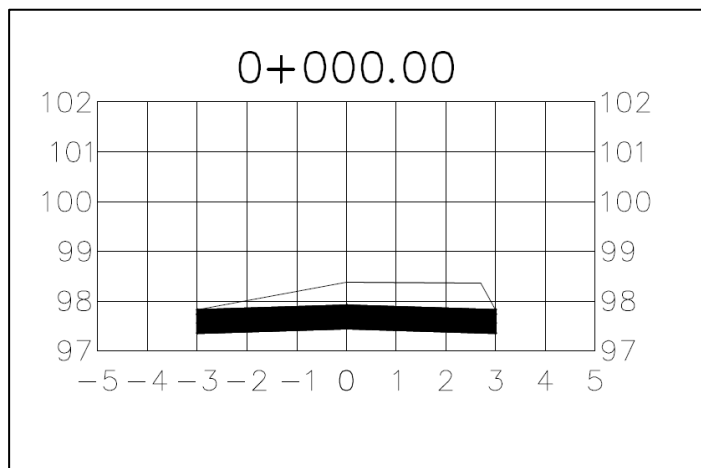
3.7.1. Secciones transversales

Hay que considerar los perfiles transversales que son la intersección del terreno, con un plano vertical normal al eje longitudinal del terreno, o sea los perfiles transversales son perpendiculares al perfil longitudinal; por lo general

estos perfiles transversales en este proyecto se toman frente a cada 20 metros del alineamiento horizontal se levantan a escala mayor que los longitudinales, ya que el objetivo principal de estos perfiles es obtener frente a cada 20 metros la forma más exacta posible de la sección transversal de la obra y especial importancia en el estudio de carreteras.

El perfil transversal se dibuja de modo que la izquierda y la derecha sean las del perfil longitudinal, suponiendo que se recorre este en el sentido de su numeración ascendente.

Figura 44. **Ejemplo de sección transversal**



Fuente: elaboración propia, empleando Civil AutoCAD 2016.

3.7.2. **Cálculo de movimiento de tierras**

Consiste en determinar un número aproximado de volumen de material de corte o relleno necesario para alcanzar la subrasante diseñada, es corte cuando el material no clasificado se excava dentro del área de terreno comprendida

entre las intersecciones de los planos de los taludes, con el terreno original; y se considera relleno cuando se necesita agregar material para alcanzar los niveles de la subrasante diseñada.

El volumen de corte o relleno se determina con ayuda de las secciones transversales, a través de un promedio de áreas correspondientes a corte y relleno a lo largo de los 20 metros que corresponde entre cada una de las secciones transversales o donde sea necesario, por ejemplo curvas.

Ejemplo de cálculo de volumen de corte y relleno se tienen los siguientes datos de áreas de las siguientes estaciones:

Est 0+000

Área de corte= 0,87 m²

Área de relleno= 0,0 m²

Est 0+000

Área de corte= 2,28 m²

Área de relleno= 0,0 m²

$$\left(\frac{Ac1 + Ac2}{2} \right) * d = Vc$$

$$\left(\frac{Ar1 + Ar2}{2} \right) * d = Vr$$

Donde:

Ac = área de corte

Ar = área de relleno

D = distancia entre secciones

Vc = volumen de corte

V_r = volumen de relleno

$$V_c = \left(\frac{0,87 + 2,28}{2} \right) * 20 = 31,15 \text{ m}^3$$

$$V_r = \left(\frac{0 + 0}{2} \right) * 20 = 0 \text{ m}^3$$

En total del proyecto se hará un corte de 9 749,6 m³ y un relleno de 552 m³ de material compactado. A continuación se muestra una parte de la tabla de volúmenes de corte y relleno.

Tabla XXIV. **Volúmenes de corte y relleno de suelo**

Estación	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de corte (m ³)	Volumen de relleno (m ³)
0+000	0,87	0	0	0
0+020	2,28	0	31,5	0
0+040	2,69	0	49,7	0
0+060	2,74	0	54,3	0
0+080	2,58	0	53,2	0
0+100	3,41	0	59,9	0

Fuente: elaboración propia.

3.8. Drenajes

El drenaje superficial tiene el propósito de alejar las aguas de las carreteras. Esto evitará su influencia negativa, tanto en el aspecto de la estabilidad de su infraestructura, como en sus condiciones de transitabilidad. Las dimensiones de las obras de drenaje serán determinadas en base a

cálculos hidráulicos, tomando como base la información pluviométrica disponible.

La eliminación del agua que escurre sobre la superficie del pavimento, se efectúa por medio del bombeo en las secciones en tangente y mediante peralte en las curvas, de modo que el escurrimiento sea hacia las cunetas. Los paseos de una carretera pavimentada se someterán a un tratamiento de impermeabilización. De este modo se logrará fijar los agregados y se evita que sean arrastrados a las cunetas por el agua que fluye desde el pavimento.

Las aguas que escurre sobre el pavimento deberán ser encauzadas hacia ambos lados del mismo. Deberá hacerse de tal forma que el desagüe se efectué en sitios preparados especialmente para ello. De este modo se evitara la erosión de los taludes para ello es importante determinar el caudal instantáneo máximo de descarga de una cuenca hidrográfica que se obtiene mediante el método racional.

3.8.1.1. Método racional

El método racional es uno de los más utilizados para la estimación del caudal máximo asociado a determinada lluvia de diseño. Se utiliza normalmente en el diseño de obras de drenaje urbano y rural. Y tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la determinación de caudales máximos.

La expresión utilizada por el método racional es:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q = caudal máximo (m³/s)

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de la lluvia de diseño (mm/h)

A = área que drena a la cuneta (Ha)

Tabla XXV. **Coeficientes de escorrentía usados en Guatemala**

TIPO DE SUPERFICIE	C
Centro de la ciudad	0,70 - 0,95
Fuera del centro de la ciudad	0,50 - 0,70
Parques, cementerios	0,10 - 0,25
Áreas no urbanizadas	0,10 – 0,30
Asfalto	0,70 – 0,95
Concreto	0,80 – 0,95
Adoquín	0,70 – 0,85
Suelo arenoso	0,15 – 0,20
Suelo duro	0,25 – 0,30
Bosques	0,20 – 0,25

Fuente: GIL LAROJ, Joram Matías. *Evaluación de Tragantes Pluviales para la Ciudad de Guatemala 1984*. p 23.

Los datos utilizados fueron los siguientes:

C = 0,2 por tratarse de un área de bosque.

A = 11 Ha.

La intensidad se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$I = \frac{a}{t + b}$$

Donde

I = intensidad de la lluvia (mm/h)

a y b = son coeficientes dado por el INSIVUMEH en el informe de intensidades de lluvia, donde se toman en cuenta los datos de la estación más cercana a Piedra Parada El Rosario, que es la estación central de INSIVUMEH, para un periodo de retorno de 20 años. $a=720$ y $b=2$

t = tiempo de concentración que se tomó de 12 min al tratarse de una cuenca pequeña.

$$I = \frac{720}{12 + 2} = 52 \text{ mm/h}$$

$$Q = \frac{0,2 * 52 * 11}{360} = 0,32 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.8.2. Diseño de drenaje longitudinal

El drenaje longitudinal del proyecto lo constituye las cunetas son los canales que se construyen a ambos lados y paralelamente a una carretera, que se calculan por el método de Manning con el objetivo de drenar el agua de lluvia que cae sobre la misma y sobre las áreas de taludes. Las cunetas que drenen el agua de los cortes a los terraplenes, se deben construir en tal forma, que se evite cualquier daño a dichos terraplenes, debido a la erosión y darles una pendiente adecuada.

$$Q = \frac{1}{n} (R)^{\frac{2}{3}} (S)^{\frac{1}{2}} A$$

Donde:

A= área

n= coeficiente de rugosidad de Manning

R= radio hidráulico en metros (área de la sección entre el perímetro mojado)

S= pendiente del canal en metros por metros

Para el diseño de la cuneta se tomó el tramo con la pendiente critica que corresponde al tramo que drenará el drenaje transversal número 6 ubicado en la estación 1+800 con una pendiente en su diseño de 19,18 %. El área a drenar es de 11 Ha y al realizarse la cuneta de concreto tendrá un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,012 correspondiente al concreto

Para encontrar el radio hidráulico de la sección cuadrada se toma en cuenta que el ancho es el mismo que el largo por lo que lo tomaremos como h. El perímetro mojado corresponde a los 3 lados del cuadrado que se mojan al ser una cuneta de sección cuadrada y los 3 poseen la misma medida debido a que es un cuadrado.

Área de cuadrado $b \times h = h \times h = h^2$

Perímetro mojado $b + h + h = h + h + h = 3h$

$$0,32m^3/s = \frac{1}{0,012} \left(\frac{h^2}{3h} \right)^{\frac{2}{3}} (0,19)^{\frac{1}{2}} h^2$$

$$h = 0,22 m$$

Se utilizará 0,3 m para las medidas de la cuneta la cual será de sección cuadrada por motivos de seguridad y dar un dato redondeado exacto.

3.8.3. Drenaje transversal

El objetivo del drenaje transversal es dar paso rápido al agua para que no pueda desviarse de otra forma y tenga que cruzar de un lado a otro del camino. En estas obras de drenaje transversal están comprendidos los puentes y las alcantarillas.

Debido a que las partes bajas de alineamiento de la carretera se encuentran poblado y es una montaña con buen drenado de agua a los lados por la altura en la que queda el tramo, no se pueden diseñar drenajes transversales a lo largo del tramo.

Debe procurarse que cada 200 metros haya un drenaje transversal y es conveniente que estén ubicados en los puntos más bajos de las curvas verticales.

El drenaje transversal para este proyecto se diseñara trabajando al 50 % para dar la seguridad que funcione en cualquier situación

Para el cálculo y diseño del drenaje transversal se utiliza de la misma manera la fórmula de Manning.

$$Q = \frac{1}{n} (R)^{\frac{2}{3}} (S)^{\frac{1}{2}} A$$

Donde:

$Q = 0,32 \text{ m}^3/\text{s}$

$n = 0,013$ por tratarse de PVC

R = Radio hidráulico de la sección circular al 50 %

$S = 0,03$

$$A = \pi D^2/8$$

$$0,32 \frac{m^3}{s} = \frac{1}{0,013} \left(\frac{\pi D^2}{8} \right)^{\frac{2}{3}} (0,03)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\pi D^2}{8} \right)$$

$$D = 0,495 \quad m = 19,5"$$

La tubería debería de tener un radio de 19,5" pero la medida comercial más cercana es la de 24" por lo cual se elige la de 24".

3.8.4. Pozos de visita

Es un elemento de la infraestructura urbana que permite el acceso desde la superficie a instalaciones subterráneas, en este caso tuberías de sistemas de alcantarillado.

Este facilita el acceso necesario para realizar tareas de inspección, mantenimiento y reparación de las infraestructuras subterráneas, además permite la ventilación de las redes de alcantarillado, evitando la acumulación de gases tóxicos y potencialmente explosivos.

Para el proyecto de la carretera en la aldea Piedra Parada El Rosario se cuenta con un sistema de alcantarillado, el cual no se modificará con 48 pozos de visita, es importante dejarlos al nuevo nivel de terreno por lo que se necesitará mover las tapaderas y áreas de acceso, Los detalles de estos pozos de presentan en la parte de los planos en anexos.

3.9. Presupuesto

Tabla XXVI. Presupuesto de ejecución de proyecto

PRESUPUESTO						
MEJORAMIENTO CALLE PRINCIPAL ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO, SANTA CATARINA PINULA						
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
1 TRABAJOS PRELIMINARES						
1.1	Replanteo topográfico	km	2,02	Q 5 605,60	Q	11 323,31
2 MEJORAMIENTO DE CALLE						
2.2	Suministro, colocación y compactación de base e=0,16	m3	145,00	Q 345,50	Q	50 097,50
2.4	Riego de imprimación con líquido MC-70 a razón de 0.30 gls/m2	m2	12 088,80	Q 20,55	Q	248 424,84
2.5	Riego de liga a razón de 0,15 gls/m2	m2	12 088,80	Q 11,50	Q	139 021,20
2.6	Colocación de carpeta de rodadura con mezcla asfáltica en caliente (I= 0,13 compactados)	m2	12 088,80	Q 324,50	Q	3 922 815,60
3 TRABAJOS COMPLEMENTARIOS						
3.1	Reparación de pozos de visita	unidad	48,00	Q 1 198,04	Q	57 505,92
3.2	Demolición y construcción de cunetas tipo "U"	metro	296,00	Q 170,99	Q	50 613,04
3.4	Demolición y construcción de bordillo de 0,35 x 0,10 metros	metro	3 734,50	Q 122,54	Q	457 625,63
3.5	Reparación de conexiones domiciliarias sobre calle	unidad	15,00	Q 434,31	Q	6 514,65
3.6	Pintura termoplástica (línea central)	metro	2 015,25	Q 28,22	Q	56 870,36
3.7	Pintura termoplástica (líneas laterales)	metro	4 030,50	Q 28,22	Q	113 740,71
3.8	Suministro y colocación de vialetas en línea central y laterales	Unidad	2 016,00	Q 31,10	Q	62 697,60
3.9	Excavación estructural para cajas y cabezales	m3	11,30	Q 65,45	Q	739,59
3.10	Construcción de cajas y cabezales	m3	16,00	Q 1 366,00	Q	21 856,00
3.11	Drenajes transversales	metro	43,00	Q 680,00	Q	29 240,00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q	5 229 085,95

Fuente: elaboración propia.

Figura 45. Cronograma de ejecución

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN						
MEJORAMIENTO CALLE PRINCIPAL ALDEA PIEDRA PAR						
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	SUB-TOTAL	% INVERSION	% ACUMULADO
1	TRABAJOS PRELIMINARES					
1,1	Replanteo topográfico	2,02	km	Q 11 323,31	0,22	0,22
2	MEJORAMIENTO DE CALLE					
2,2	Suministro, colocación y compactación de base e=0,16	145,00	m3	Q 50 097,50	0,96	1,18
2,4	Riego de imprimación con líquido MC-70 a razón de 0,30 gls/m2	12 088,80	m2	Q 248 424,84	4,75	5,93
2,5	Riego de liga a razón de 0,15 gls/m2	12 088,80	m2	Q 139 021,20	2,66	8,59
2,6	Colocación de carpeta de rodadura con mezcla asfáltica en caliente (t= 0,13 compactados)	12 088,80	m2	Q 3 922 815,60	75,01	83,60
3	TRABAJOS COMPLEMENTARIOS					
3,1	Reparación de pozos de visita	48,00	unidad	Q 57 505,92	1,10	84,70
3,2	Demolición y construcción de cunetas tipo "U"	296,00	metro	Q 50 613,04	0,97	85,67
3,4	Demolición y construcción de bordillo de 0,35 x 0,10 metros	3 734,50	metro	Q 457 625,64	8,75	94,42
3,5	Reparación de conexiones domiciliarias sobre calle	15,00	unidad	Q 6 514,66	0,12	94,54
3,6	Pintura termoplástica (línea central)	2 015,25	metro	Q 56 870,36	1,09	95,63
3,7	Pintura termoplástica (líneas laterales)	4 030,50	metro	Q 113 740,71	2,18	97,81
3,8	Suministro y colocación de vialetas en línea central y laterales	2 016,00	Unidad	Q 62 697,60	1,20	99,01
3,9	Excavación estructural para cajas y cabezales	11,30	m3	Q 739,59	0,01	99,02
3,10	Construcción de cajas y cabezales	16,00	m3	Q 21 856,00	0,42	99,44
3,11	Drenajes transversales	43,00	metro	Q 29 240,00	0,56	100,00
Avance Financiero				Q 5 229 085,97	100,00	
Avance Financiero Acumulado						

Fuente: elaboración propia.

Figura 46. Continuación cronograma de ejecución

DE INVERSIÓN																
ARADA EL ROSARIO, SANTA CATARINA PINULA																
TIEMPO DE EJECUCION																Avance Financiero
MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Q			11 323,31													Q 11 323,31
Q			25 048,75	Q			25 048,75									Q 50 097,50
								Q			186 318,63					Q 248 424,84
								Q			111 216,96					Q 139 021,20
								Q			653 802,60	Q				Q 3 922 815,60
	</															

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se realizó una base de datos de un sistema de información geográfico el cual muestra información sobre los predios que se encuentran en riesgo en la aldea El Pueblito, así como se diseñó la carretera de la aldea Piedra Parada El Rosario utilizando la mayor cantidad de normas técnicas posibles y aplicables en el país.
2. Se realizó la monografía de Santa Catarina Pinula basada en textos acerca de la historia del municipio en los cuales se pueden apreciar los aspectos históricos y culturales; físicos; económicos; ambientales y políticos. Esta información es importante ya que influye a la hora de desarrollar este tipo de proyectos.
3. Se estableció la distribución de riesgo en la aldea El Pueblito mediante un sistema de información geográfico que dio como resultado un total de 40 mapas, uno para cada una de las capas de información que permite visualizar de mejor manera los factores que afectan cada uno de los predios.
4. En el diseño de la carretera se consideraron los siguientes aspectos: topografía del lugar (tipo montañoso) y tránsito para determinar la velocidad de diseño (60 kph) y que de la misma dependiera el tipo de carretera que en este caso es una troncal rural.
5. El costo total de la carretera es de Q 5,229,085.95 se reduce los costos al no tener relleno, ya que el costo es mayor que el de corte, y al diseñar

el pavimento sin sub base, únicamente con una capa de base capaz de resistir las cargas de diseño.

RECOMENDACIONES

1. A los profesionales que se encargan de diseñar carreteras tomar en cuenta que para los datos de aforo, las clasificaciones dadas para el país ya se encuentran obsoletas, ya que los rangos se estipularon para otro tiempo en el que la cantidad de carros que transitaban eran menores por lo cual es de gran importancia consultar otros manuales con datos más actualizados.
2. A la Municipalidad de Santa Catarina Pinula que para obtener óptimos resultados en la construcción de dicho proyecto, es necesario contar con personal altamente calificado en supervisión que verifique que se cumplan las especificaciones y la obra se ejecute conforme a los planos.
3. A la Municipalidad de Santa Catarina Pinula ofrecerle continuamente mantenimiento al sistema de drenaje pluvial para garantizar el buen funcionamiento en el tiempo de vida útil para el cual fue diseñado.
4. A las personas interesadas en desarrollar más bases de datos en SIG que para la localización de predios en riesgo es de gran importancia tener ayuda de una mesa técnica de expertos en el tema para realizar las respectivas evaluaciones y en otro caso proporcionar capacitaciones adecuadas para que el grupo pueda aprender los criterios a evaluar en áreas de riesgo.

BIBLIOGRAFÍA

1. CÁRDENAS GRISALES, James. *Diseño geométrico de carreteras*. 2ª ed. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones (2013). 544 p.
2. Ingenieros Consultores de Centro America, S.A. *Especificaciones Generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala. 724 p.
3. Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda. *Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores de carga y sus combinaciones*. Guatemala: Diario de Centroamerica, (2011). 10 p.
4. PORRES VELÁSQUEZ, Edgar Lizardo. *Santa Catarina Pinula, El municipio que está avanzando*. Guatemala: Palo de Hormigo, (2005). 124 p.
5. Secretaría de Integración Económica Centroamericana, SIECA. *Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales*. 2a, ed. Guatemala: SIECA, (2004). 319 p.
6. _____. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. Guatemala: SIECA, (2002). 289 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Metadatos

	NOMBRE CAMPO	CODIFICACION CAMPO	TIPO DE DATO	LONGITUD	DESCRIPCIÓN
DATOS PERSONALES	ID INMUEBLE	ID_INM	ENTERO	8	ID de inmueble según departamento de catastro de municipalidad de Santa Catarina Pinula
	NOMBRE PROPIETARIO	NOM_PRO	TEXTO	40	Nombre del propietario según departamento de catastro de municipalidad de Santa Catarina Pinula
	NOMBRE ENTREVISTADO	NOM_ENT	TEXTO	40	Nombre de la persona entrevistada
	DPI	DPI	TEXTO	12	Número de documento personal de identificación
	NUMERO DE TELEFONO	NUM_TEL	TEXTO	8	Número de teléfono de la persona entrevistada
UBICACIÓN DE LA VIVIENDA	DEPARTAMENTO	DEPTO	TEXTO	10	Departamento donde se ubica la vivienda
	MUNICIPIO	MUN	TEXTO	30	Municipio donde se ubica la vivienda
	LUGAR POBLADO	LUG_POB	TEXTO	40	Tipo de lugar poblado y nombre
	DIRECCIÓN	DIR	TEXTO	40	Dirección del predio
	TIPO DE AREA	TIP_ARE	TEXTO	6	Tipo de área donde se encuentra el predio (Rural/Urbana)
	AÑO DE CONSTRUCCIÓN00	ANO_CON	ENTERO	4	Año en el que se construyó la vivienda
EVENTO	NOMBRE DEL EVENTO	NOM_EVE	TEXTO	35	Nombre de evento
	FECHA DEL EVENTO	FEC_EVE	FECHA	10	Fecha en que ocurrió el evento
	TIPO DE EVENTO	TIP_EVE	TEXTO	20	Qué clase de evento ocurrió (Deslizamiento/ inundación/ sismo/ volcanico/ viento fuerte)
	OTROS	OTROS	TEXTO	60	Evento diferente a los anteriores
	PROPIEDAD DE LA VIVIENDA	PRO_VIV	TEXTO	10	(alquilada/ propia/ otro)
DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA	NUMERO DE NIVELES	NUM_NIV	ENTERO	1	Cantidad de niveles de la vivienda
	NUMERO DE AMBIENTES	NUM_AMB	ENTERO	2	Numero de ambientes de la vivienda
	USO DEL INMUEBLE	USO_INM	TEXTO	20	Uso que se le da al inmueble (vivienda unifamiliar/ comercio/ vivienda-comercio/ vivienda multifamiliar)
	ENERGIA ELECTRICA	ENE_ELE	TEXTO	2	La vivienda cuenta con el servicio de luz electrica (si / no)
	AGUA ENTUBADA	AGU_ENT	TEXTO	2	La vivienda cuenta con servicio de agua entubada (si/ no)
	POZO	POZO	TEXTO	2	La vivienda cuenta con pozo (si/ no)
	DRENAJE SANITARIO	DRE_SAN	TEXTO	2	La vivienda cuenta con el servicio de drenaje sanitario (si / no)
	LETRINA	LETRINA	TEXTO	2	La vivienda cuenta con letrina (si/ no)
	CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL	CONF_EST	TEXTO	20	Configuración estructural de la vivienda (concreto reforzado/ mampostería/ madera/ adobe o bajareque/ otro)
	INDICIO DE DAÑOS POR EVENTOS ANTERIORES	DAN_ANT	TEXTO	20	Se visualiza daños anteriores en la vivienda (si / no)
	MATERIAL DE TECHO PREDOMINANTE	MAT_TEC	TEXTO	15	Material predominante en los techos de la vivienda (lámina/ losa (terrazza)/ madera/ teja)
	MATERIAL DE MUROS PREDOMINANTE	MAT_MUR	TEXTO	15	Material predominante en los muros de la vivienda (block/ ladrillo/ adobe/ concreto/ lámina/ madera/ piedra/ bajareque/ mixto)
	MATERIAL DE PISO INTERIOR	MAT_PIS	TEXTO	15	Material predominante en el piso interior de la vivienda (tierra/ concreto/ piso (cerámico o granito/ madera)

Continuación de apéndice 1.

EN CASO DE INUNDACIÓN	CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA EN RELACIÓN AL TERRENO	COND_EST	TEXTO	20	La condición en la que se encuentra la vivienda respecto al terreno (asentamiento diferencial o hundimiento/ corrimiento de suelo/ agrietamiento de suelo/ deslizamiento o movimiento de ladera/ falla o colapso de talud)
	NIVEL DEL AGUA H EN METROS	NIV_AGU	DECIMAL	5	Altura en metros que alcanza el agua durante una inundación respecto al suelo
	FUERZA DE LA CORRIENTE	FUE_COR	TEXTO	15	Fuerza perceptible de la corriente cuando se inunda
CONDICIONES DEL SITIO	CONDICION DEL SITIO	CON_SIT	TEXTO	20	Ubicación de la vivienda en el relieve (corona/ ladera/ pie/ área plana/ área de inundación/ río o quebrada)
	RIESGO	RIESGO	TEXTO	35	Identificación de riesgo de la vivienda (si/ no)
	CONDICION ESPECIAL	CON_ESP	TEXTO	200	Alguna condición especial no explicada anteriormente
DESCRIPCIÓN DEL DAÑO ESTRUCTURAL	DESPLOME DE PAREDES	DES_PAR	TEXTO	2	Se visualiza desplome en una o varias paredes de la vivienda (si/ no)
	GRIETAS	GRIETAS	TEXTO	2	Se visualiza grietas en la estructura de la vivienda (si/ no)
	HUNDIMIENTO	HUN	TEXTO	2	Existen hundimientos dentro de la vivienda (si/ no)
	PORCENTAJE DE DAÑO GLOBAL	POR_DAN	TEXTO	10	porcentaje de daño perceptible de la estructura (0%-30% leve/ 31%-60% moderado / 61%-100% severo)
	TIPO DE VISITA ESPECIALIZADA	TIP_VIS	TEXTO	15	Tipo de mitigación para daños (estructurales/ geotécnicos/ servicios básicos)
	NIVEL DE HABITABILIDAD	NIV_HAB	TEXTO	20	Nivel de habitabilidad de la vivienda (habitable/ uso restringido/ inhabitable)
CONDICIÓN DE SEGURIDAD	SE REQUIERE TRASLADAR LA VIVIENDA DE SITIO	REQ_TRA	TEXTO	2	Según el criterio del evaluador es necesario el traslado de los habitantes (si/ no)
	POSEE LOTE PARA EL TRASLADO	POS_LOT	TEXTO	2	Los habitantes poseen otro lugar donde puedan habitar (si/ no)
	MEDIDA DE SEGURIDAD	MED_SEG	TEXTO	25	Medida de seguridad a tomar por riesgo (restringir el paso/ evacuar parcialmente/ apuntalar/ demoler elemento peligroso/ evacuar edificación vecina)
CRITERIOS PARA ESTIMAR UNA NUEVA EDIFICACIÓN EN EL SITIO	AGRIETAMIENTO EN EL SUELO	AGR_SUE	TEXTO	2	Existe grietas en el suelo (si / no)
	NACIMIENTO DE AGUA DENTRO DEL SITIO	NAC_AGU	TEXTO	2	Existe nacimientos de agua dentro del sitio (si / no)
	ARBOLES O CERCOS TORCIDOS	ARB_TOR	TEXTO	2	Se observa árboles o cercos torcidos (si / no)
	GRIETAS EN VIVIENDA POR ASENTAMIENTO DIFERENCIAL	GRI_VIV	TEXTO	2	Existen grietas ocasionadas por asentamiento diferencial (si/ no)
	RUPTURA DE TUBERÍA DE DRENAJE O AGUA	RUP_TUB	TEXTO	2	Se visualiza alguna tubería rota (si/ no)
	PENDIENTE DEL SITIO	PEN_SIT	TEXTO	10	Pendiente con la que cuenta el sitio (0-2 grados/ 3-15 grados/ 16-30 grados/ 31-45 grados/ mayor a 45 grados)
	AREA DEL TERRENO	ARE_TER	DECIMAL	7	Área del predio en metros cuadrados
	EL TERRENO FUE PARCIALMENTE O TOTALMENTE AFECTADO POR FLUJOS DE LODO Y/O DESLIZAMIENTOS TANTO ESCARPES O DEPOSITOS	FLU_LOD	TEXTO	2	El terreno fue afectado parcialmente o totalmente por flujos de lodo o deslizamiento (si / no)
	EL SITIO FUE AFECTADO POR RIOS QUE CAMBIARON SU CAUCE	RIO_CAU	TEXTO	2	El terreno fue afectado por rios (si / no)
	EL TERRENO SE ENCUENTRA SOBRE ABANICOS ALUVIALES	ABA_ALU	TEXTO	2	el terreno se encuentra sobre abanicos aluviales (si/ no)
	EL LOTE SE ENCUENTRA A MENOS DE 5 VECES LA ALTURA DE TALUDES VERTICALES QUE SUPERAN 2 M DE ALTURA	ALT_TAL	TEXTO	2	el lote se encuentra al menos de 5 veces la altura de taludes verticales que superan los 2 m de altura (si / no)
	EL TERRENO ESTA SOBRE O BAJO LA LADERA QUE PRESENTA GRIETAS O GRADAS EN EL SITIO	LAD_GRI	TEXTO	2	El predio esta sobre o bajo la ladera que presenta grietas (si/ no)

Continuación de apéndice 1.

	EL LUGAR HA PRESENTADO HISTORICAMENTE INUNDACIONES CON PROFUNDIDADES IGUAL O MAYOR A 1.5 M DE ALTURA	INU_PRO	TEXTO	2	Historicamente ha presentado inundaciones profundas (si /no)
	EL TERRENO SE ENCUENTRA DENTR DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN ÁREA EQUIVALENTE A 5 VECES EL ANCHO DEL CAUCE	PLA_INU	TEXTO	2	El predio se ubica en una planicie que tiende a inundarse (si/ no)
	EL TERRENO SE ENCUENTRA TOTAL O PARCIALMENTE SUJETO A AREA DE ANEGAMIENTO, ENCHARCAMIENTO O PANTANOS	ANE_PAN	TEXTO	2	El terreno se encuentra en área de anegamiento (si/ no)
	OBSERVACIONES ADICIONALES	ABS_ADI	TEXTO	200	Alguna observación adicional de las anteriores
	CONDICION PARA LA UTILIZACIÓN DEL LOTE	CON_UTI	TEXTO	60	Uso que se le puede dar al inmueble (lote apto para la construcción u obtención de subsidio/ lote no apto para la construcción u obtención de subsidio/ lote apto para la construcción u obtención de subsidio con medidas de mitigación)
ASPECTOS SOCIALES	NUMERO DE FAMILIAS QUE HABITAN LA VIVIENDA	NUM_FAM	ENTERO	1	Cantidad de familias que habitan el predio
	MENORES DE EDAD 0 A 17 HOMBRES	MEN_HOM	ENTERO	2	Cantidad de personas menores de 17 años de sexo masculino
	MENORES DE EDAD 0 A 17 MUJERES	MEN_MUJ	ENTERO	2	Cantidad de personas menores de 17 años de sexo femenino
	ADULTOS DE 18 A 65 AÑOS HOMBRES	ADU_HOM	ENTERO	2	Cantidad de personas entre 18 y 65 años de sexo masculino
	ADULTOS DE 18 A 65 AÑOS MUJERES	ADU_MUJ	ENTERO	2	Cantidad de personas entre 18 y 65 años de sexo femenino
	ADULTO MAYOR DE 65 HOMBRES	MAY_HOM	ENTERO	2	Cantidad de adultos mayores de 65 años de sexo masculino
	ADULTO MAYORES DE 65 MUJERES	MAY_MUJ	ENTERO	2	Cantidad de adultos mayores de 65 años de sexo femenino
	TOTAL HOMBRES	TOT_HOM	ENTERO	2	Cantidad de personas de sexo masculino
	TOTAL MUJERES	TOT_MUJ	ENTERO	2	Cantidad de personas de sexo femenino
	TOTAL PERSONAS	TOT_PER	ENTERO	2	Total de personas que habitan el predio
MUROS ESPECIALES	MURO PERIMETRAL	MUR_PER	TEXTO	2	Existe muro perimetral (si/ no)
	MURO DE CONTENCIÓN	MUR_CON	TEXTO	2	Existe muro de contención (si/ no)
	CONDICION DEL MURO	CON_MUR	TEXTO	10	Condición del muro de contención existente (bueno/ regular/ mala)

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Tablas de curvas horizontales

ELEMENTOS DE CURVAS										
No. Curva	Radio	Δ	G	L.C.	P.C.	P.I.	P.T.	St	M	E
C1	135.00	8°48'05"	12.73	20.74	0+001.13	0+011.52	0+021.86	10.39	0.40	0.40
C2	35.00	22°02'38"	49.11	13.47	0+039.69	0+046.51	0+053.16	6.82	0.65	0.66
C3	50.00	10°52'52"	34.38	9.50	0+057.68	0+062.44	0+067.17	4.76	0.23	0.23
C4	35.00	20°54'15"	49.11	12.77	0+090.98	0+097.44	0+103.75	6.46	0.58	0.59
C5	25.00	20°59'10"	68.75	9.16	0+112.84	0+117.47	0+122.00	4.63	0.42	0.43
C6	150.00	13°42'09"	11.46	35.87	0+194.81	0+212.84	0+230.69	18.02	1.07	1.08
C7	65.00	33°34'12"	26.44	38.08	0+237.79	0+257.39	0+275.87	19.61	2.77	2.89
C8	270.00	9°33'31"	6.37	45.04	0+297.03	0+319.61	0+342.08	22.57	0.94	0.94
C9	135.00	18°58'51"	12.73	44.72	0+367.97	0+390.54	0+412.70	22.57	1.85	1.87
C10	135.00	4°52'27"	12.73	11.48	0+439.72	0+445.47	0+451.21	5.75	0.12	0.12
C11	135.00	1°20'50"	12.73	3.17	0+506.16	0+507.74	0+509.33	1.59	0.01	0.01
C12	90.00	24°27'15"	19.10	38.41	0+528.38	0+547.89	0+566.80	19.50	2.04	2.09
C13	135.00	6°33'30"	12.73	15.45	0+602.84	0+610.57	0+618.29	7.73	0.22	0.22
C14	14.50	91°01'25"	118.54	23.04	0+658.26	0+673.02	0+681.30	14.76	4.34	6.19
C15	20.00	27°13'31"	85.94	9.50	0+699.46	0+704.30	0+708.96	4.84	0.56	0.58
C16	55.00	28°52'19"	31.25	27.72	0+716.82	0+730.98	0+744.54	14.16	1.74	1.79
C17	55.00	32°14'09"	31.25	30.94	0+765.74	0+781.63	0+796.68	15.89	2.16	2.25
C18	45.00	27°06'31"	38.20	21.29	0+822.45	0+833.30	0+843.74	10.85	1.25	1.29
C19	135.00	3°08'08"	12.73	7.39	0+850.82	0+854.52	0+858.21	3.69	0.05	0.05
C20	200.00	1°15'29"	8.59	4.39	0+891.22	0+893.41	0+895.61	2.20	0.01	0.01
C21	200.00	1°49'17"	8.59	6.36	0+925.31	0+928.49	0+931.67	3.18	0.03	0.03
C22	200.00	1°47'45"	8.59	6.27	0+971.04	0+974.17	0+977.30	3.13	0.02	0.02
C23	80.00	18°58'25"	21.49	26.49	1+006.52	1+019.89	1+033.01	13.37	1.09	1.11
C24	120.00	13°15'03"	14.32	27.75	1+044.05	1+057.99	1+071.81	13.94	0.80	0.81
C25	50.00	29°55'35"	34.38	26.12	1+073.66	1+087.03	1+099.78	13.36	1.70	1.75
C26	135.00	6°10'35"	12.73	14.55	1+112.64	1+119.92	1+127.19	7.28	0.20	0.20
C27	25.00	36°16'28"	68.75	15.83	1+142.63	1+150.82	1+158.46	8.19	1.24	1.31

Continuación de apéndice 2.

ELEMENTOS DE CURVAS										
No. Curva	Radio	Δ	G	L.C.	P.C.	P.I.	P.T.	St	M	E
C28	35.00	21°36'53"	49.11	13.20	1+171.11	1+177.80	1+184.32	6.68	0.62	0.63
C29	135.00	1°43'52"	12.73	4.08	1+196.69	1+198.73	1+200.77	2.04	0.02	0.02
C30	135.00	4°45'53"	12.73	11.23	1+209.23	1+214.84	1+220.45	5.62	0.12	0.12
C31	135.00	2°25'29"	12.73	5.71	1+234.84	1+237.69	1+240.55	2.86	0.03	0.03
C32	200.00	4°00'11"	8.59	13.97	1+278.26	1+285.25	1+292.23	6.99	0.12	0.12
C33	150.00	3°41'50"	11.46	9.68	1+360.95	1+365.79	1+370.63	4.84	0.08	0.08
C34	70.00	28°26'43"	24.56	34.75	1+392.00	1+409.74	1+426.75	17.74	2.15	2.21
C35	50.00	39°59'19"	34.38	34.90	1+433.07	1+451.26	1+467.97	18.19	3.01	3.21
C36	70.00	11°16'43"	24.56	13.78	1+476.95	1+483.86	1+490.73	6.91	0.34	0.34
C37	25.00	24°49'23"	68.75	10.83	1+496.51	1+502.01	1+507.34	5.50	0.58	0.60
C38	135.00	2°26'51"	12.73	5.77	1+531.32	1+534.20	1+537.09	2.88	0.03	0.03
C39	135.00	3°55'37"	12.73	9.25	1+569.57	1+574.20	1+578.83	4.63	0.08	0.08
C40	15.00	21°43'53"	114.59	5.69	1+591.45	1+594.32	1+597.13	2.88	0.27	0.27
C41	22.00	46°48'26"	78.13	17.97	1+606.87	1+616.39	1+624.84	9.52	1.81	1.97
C42	135.00	1°44'04"	12.73	4.09	1+634.66	1+636.70	1+638.74	2.04	0.02	0.02
C43	70.00	9°33'15"	24.56	11.67	1+662.42	1+668.27	1+674.09	5.85	0.24	0.24
C44	15.00	16°10'04"	114.59	4.23	1+689.10	1+691.23	1+693.34	2.13	0.15	0.15
C45	15.00	12°50'04"	114.59	3.36	1+698.53	1+700.21	1+701.89	1.69	0.09	0.09
C46	11.00	92°58'28"	156.26	17.85	1+722.80	1+734.38	1+740.65	11.59	3.43	4.98
C47	135.00	3°42'58"	12.73	8.76	1+765.16	1+769.54	1+773.92	4.38	0.07	0.07
C48	30.00	38°32'31"	57.30	20.18	1+789.22	1+799.71	1+809.40	10.49	1.68	1.78
C49	18.00	51°49'52"	95.49	16.28	1+824.19	1+832.94	1+840.48	8.75	1.81	2.01
C50	32.00	46°42'39"	53.71	26.09	1+850.06	1+863.88	1+876.15	13.82	2.62	2.86
C51	90.00	12°44'17"	19.10	20.01	1+896.69	1+906.73	1+916.70	10.05	0.56	0.56
C52	105.00	9°18'38"	16.37	17.06	1+933.05	1+941.60	1+950.11	8.55	0.35	0.35
C53	130.00	19°18'35"	13.22	43.81	1+956.59	1+978.71	2+000.41	22.12	1.84	1.87

Fuente: elaboración propia, empleando Civil AutoCAD.

Apéndice 3. Tablas de tangentes

TANGENTES				
No. Línea	Longitud	Dirección	Estación inicial	Estación final
L1	1.13	N80° 27' 30.28"W	0+000.00	0+001.13
L2	17.83	N89° 15' 34.92"W	0+021.86	0+039.69
L3	4.52	N67° 12' 57.25"W	0+053.16	0+057.68
L4	23.81	N56° 20' 05.18"W	0+067.17	0+090.98
L5	9.09	N35° 25' 50.47"W	0+103.75	0+112.84
L6	72.82	N14° 26' 40.71"W	0+122.00	0+194.81
L7	7.10	N28° 08' 49.54"W	0+230.69	0+237.79
L8	21.17	N5° 25' 22.10"E	0+275.87	0+297.03
L9	25.89	N14° 58' 52.71"E	0+342.08	0+367.97
L10	27.03	N33° 57' 43.97"E	0+412.70	0+439.72
L11	54.95	N29° 05' 17.32"E	0+451.21	0+506.16
L12	19.05	N27° 44' 27.37"E	0+509.33	0+528.38
L13	36.04	N3° 17' 12.43"E	0+566.80	0+602.84
L14	39.97	N9° 50' 42.22"E	0+618.29	0+658.26
L15	18.16	N81° 10' 42.32"W	0+681.30	0+699.46
L16	7.86	N53° 57' 11.25"W	0+708.96	0+716.82
L17	21.20	N25° 04' 52.34"W	0+744.54	0+765.74
L18	25.77	N7° 09' 16.77"E	0+796.68	0+822.45
L19	7.08	N19° 57' 14.25"W	0+843.74	0+850.82
L20	33.01	N23° 05' 21.91"W	0+858.21	0+891.22

Continuación de apéndice 3.

TANGENTES				
No. Linea	Longitud	Dirección	Estación inicial	Estación final
L21	29.70	N21° 49' 53.26"W	0+895.61	0+925.31
L22	39.37	N23° 39' 10.45"W	0+931.67	0+971.04
L23	29.21	N25° 26' 54.99"W	0+977.30	1+006.52
L24	11.04	N44° 25' 20.16"W	1+033.01	1+044.05
L25	1.86	N31° 10' 16.79"W	1+071.81	1+073.66
L26	12.86	N1° 14' 41.78"W	1+099.78	1+112.64
L27	15.44	N4° 55' 53.52"E	1+127.19	1+142.63
L28	12.66	N41° 12' 21.24"E	1+158.46	1+171.11
L29	12.38	N19° 35' 27.81"E	1+184.32	1+196.69
L30	8.46	N21° 19' 19.59"E	1+200.77	1+209.23
L31	14.38	N16° 33' 26.89"E	1+220.45	1+234.84
L32	37.71	N18° 58' 56.08"E	1+240.55	1+278.26
L33	68.72	N14° 58' 44.77"E	1+292.23	1+360.95
L34	21.37	N11° 16' 54.62"E	1+370.63	1+392.00
L35	6.32	N39° 43' 37.82"E	1+426.75	1+433.07
L36	8.99	N0° 15' 40.74"W	1+467.97	1+476.95
L37	5.78	N11° 01' 02.74"E	1+490.73	1+496.51
L38	23.98	N35° 50' 25.91"E	1+507.34	1+531.32
L39	32.49	N33° 23' 34.82"E	1+537.09	1+569.57
L40	12.62	N37° 19' 12.03"E	1+578.83	1+591.45

Continuación de apéndice 3.

TANGENTES				
No. Línea	Longitud	Dirección	Estación inicial	Estación final
L41	9.73	N59° 03' 04.77"E	1+597.13	1+606.87
L42	9.82	N12° 14' 38.29"E	1+624.84	1+634.66
L43	23.67	N10° 30' 33.85"E	1+638.74	1+662.42
L44	15.01	N20° 03' 48.36"E	1+674.09	1+689.10
L45	5.19	N36° 13' 52.29"E	1+693.34	1+698.53
L46	20.91	N23° 23' 48.62"E	1+701.89	1+722.80
L47	24.52	N69° 34' 39.53"W	1+740.65	1+765.16
L48	15.30	N73° 17' 37.95"W	1+773.92	1+789.22
L49	14.79	N34° 45' 06.60"W	1+809.40	1+824.19
L50	9.58	N86° 34' 58.12"W	1+840.48	1+850.06
L51	20.54	N39° 52' 19.52"W	1+876.15	1+896.69
L52	16.35	N27° 08' 03.01"W	1+916.70	1+933.05
L53	6.48	N36° 26' 41.40"W	1+950.11	1+956.59
L54	14.39	N55° 45' 16.61"W	2+000.41	2+014.80

Fuente: elaboración propia, empleando Civil AutoCAD.

Apéndice 4. Tablas de corte y relleno

VOLUMEN DE CORTE Y RELLENO				
ESTACIÓN	AREA DE CORTE	AREA DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO
0+000	0.87	0	0	0
0+020	2.28	0	31.5	0
0+040	2.69	0	49.7	0
0+060	2.74	0	54.3	0
0+080	2.58	0	53.2	0
0+100	3.41	0	59.9	0
0+120	3.88	0	72.9	0
0+140	2.31	0	61.9	0
0+160	0	0.91	23.1	9.1
0+180	0	2.94	0	38.5
0+200	0	2.14	0	50.8
0+220	2.24	0	22.4	21.4
0+240	5.55	0	77.9	0
0+260	5.92	0	114.7	0
0+280	3.88	0	98	0
0+300	2.35	0	62.3	0
0+320	2.4	0	47.5	0
0+340	2.09	0	44.9	0
0+360	3.07	0	51.6	0
0+380	5.1	0	81.7	0
0+400	4.52	0	96.2	0
0+420	7.46	0	119.8	0
0+440	11.36	0	188.2	0
0+460	13.77	0	251.3	0
0+480	12.88	0	266.5	0
0+500	13.75	0	266.3	0
0+520	15.53	0	292.8	0
0+540	16.25	0	317.8	0
0+560	16.63	0	328.8	0
0+580	17.19	0	338.2	0
0+600	16.19	0	333.8	0
0+620	13.44	0	296.3	0
0+640	9.03	0	224.7	0
0+660	4.03	0	130.6	0
0+680	1.84	0	58.7	0
0+700	2.02	0	38.6	0
0+720	2.41	0	44.3	0
0+740	5.75	0	81.6	0
0+760	11.17	0	169.2	0
0+780	14.69	0	258.6	0
0+800	14.32	0	290.1	0
0+820	15.27	0	295.9	0
0+840	14.83	0	301	0
0+860	14.02	0	288.5	0
0+880	12.93	0	269.5	0
0+900	10.67	0	236	0
0+920	7.47	0	181.4	0
0+940	0	0.85	74.7	8.5

Continuación de apéndice 4.

ESTACIÓN	AREA DE CORTE	AREA DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO
0+960	0	6.26	0	71.1
0+980	0	7.18	0	134.4
1+000	0	4.16	0	113.4
1+020	0	0.29	0	44.5
1+040	1.93	0	19.3	2.9
1+060	3.94	0	58.7	0
1+080	4.72	0	86.6	0
1+100	3.76	0	84.8	0
1+120	2.64	0	64	0
1+140	1.84	0	44.8	0
1+160	0.33	0	21.7	0
1+180	0.09	0	4.2	0
1+200	0.82	0	9.1	0
1+220	1.93	0	27.5	0
1+240	2.77	0	47	0
1+260	3.23	0	60	0
1+280	2.71	0	59.4	0
1+300	1.89	0	46	0
1+320	1.91	0	38	0
1+340	0.4	0	23.1	0
1+360	0.43	0	8.3	0
1+380	1.4	0	18.3	0
1+400	1.85	0	32.5	0
1+420	0.13	0	19.8	0
1+440	0.27	0	4	0
1+460	3.66	0	39.3	0
1+480	6.04	0	97	0
1+500	5.08	0	111.2	0
1+520	0.02	0.38	51	3.8
1+540	0	2.24	0.2	26.2
1+560	0	0.25	0	24.9
1+580	2.86	0	28.6	2.5
1+600	4.55	0	74.1	0
1+620	4	0	85.5	0
1+640	4.31	0	83.1	0
1+660	5.74	0	100.5	0
1+680	6.32	0	120.6	0
1+700	8.53	0	148.5	0
1+720	4.84	0	133.7	0
1+740	3.2	0	80.4	0
1+760	4.99	0	81.9	0
1+780	5.4	0	103.9	0
1+800	5.3	0	107	0
1+820	3.82	0	91.2	0
1+840	2.71	0	65.3	0

Continuación de apéndice 4.

ESTACIÓN	AREA DE CORTE	AREA DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO
1+860	2.08	0	47.9	0
1+880	2.79	0	48.7	0
1+900	1.28	0	40.7	0
1+920	0.04	0	13.2	0
1+940	1.09	0	11.3	0
1+960	2.22	0	33.1	0
1+980	2.2	0	44.2	0
2+000	2.03	0	42.3	0
2+014.79	2.09	0	41.2	0

Fuente: elaboración propia.

01

CONTEOS CLASIFICADOS/
DIRECCIONALES

**CARRETERA DE ALDEA PIEDRA
PARADA EL ROSARIO, FRENTE A IGLESIA
CATÓLICA DE ALDEA PIEDRA PARADA EL
ROSARIO**

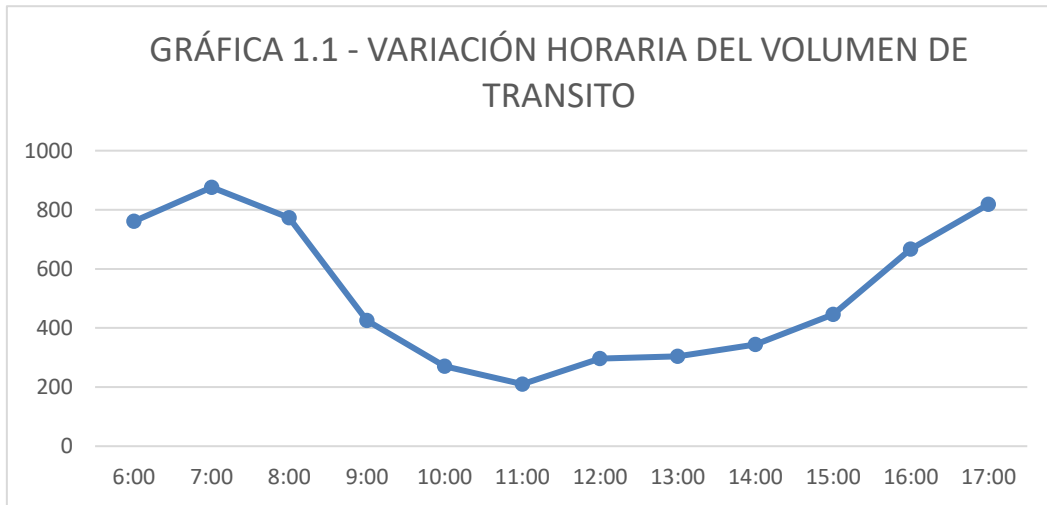
Continuación de apéndice 5.

CONDICIONANTES

Cantidad de días	1 día
Fecha:	Lunes 01 agosto de 2016
Duración:	12 horas
Horario:	De 6:00 a 18:00 horas
Tipo de vía:	Tramo Continuo
Ubicació:	Frente a iglesia católica de la aldea Piedra Parada El Rosario
Direcciones:	Ver los planos adjuntos para cada uno de los sentidos
Clasificación:	<p>Se clasificarán 7 tipo de vehículos</p> <ul style="list-style-type: none">• Autos• Pick ups• Motos• Moto taxi• Buses/ Microbuses• Camión C2• Camión C3
Simbología	<p>Movimiento: Se denomina con ese nombre al origen del viaje, normalmente identificado con un número.</p> <p>Sentido: Se denomina con ese nombre del viaje, normalmente identificado con una letra.</p>

Continuación de apéndice 5.

GRÁFICA Y TABLA RESUMEN – LUNES 1 DE AGOSTO 2016



Continuación de apéndice 5.

Hora	Modo de transporte								Proporciones
	AUTOS	PICK UP	MOTOS	MOTO TAXI	BUSES/ MICROBUSES	CAMIÓN C2	CAMIÓN C3	TOTAL	
6:00 a 7:00	427	82	206	0	31	15	0	761	12.29%
7:00 a 8:00	652	76	132	0	13	2	1	876	14.2%
8:00 a 9:00	601	85	67	0	12	7	1	773	12.5%
9:00 a 10:00	290	67	51	0	6	11	0	425	6.9%
10:00 a 11:00	170	49	32	0	3	16	0	270	4.4%
11:00 a 12:00	105	53	30	0	10	12	0	210	3.4%
Total Mañana	2245	412	518	0	75	63	2	3315	53.6%
12:00 a 13:00	159	48	58	0	15	16	0	296	4.8%
13:00 a 14:00	185	58	37	0	14	10	0	304	4.9%
14:00 a 15:00	218	49	38	0	26	13	0	344	5.6%
Total hora valle	562	155	133	0	55	39	0	944	15.3%
15:00 a 16:00	286	62	60	0	25	13	0	446	7.2%
16:00 a 17:00	363	102	148	0	25	29	0	667	10.8%
17:00 a 18:00	507	116	170	0	9	14	2	818	13.2%
Total tarde	1156	280	378	0	59	56	2	1931	31.2%
Total todo el día	3963	847	1029	0	189	158	4	6190	100%
Proporciones	64.0%	13.7%	16.6%	0.0%	3.1%	2.6%	0.1%	100%	9595

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Mapas de localización de predios en riesgo**

Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.



LOCALIZACIÓN DE PREDIOS EN RIESGO

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA

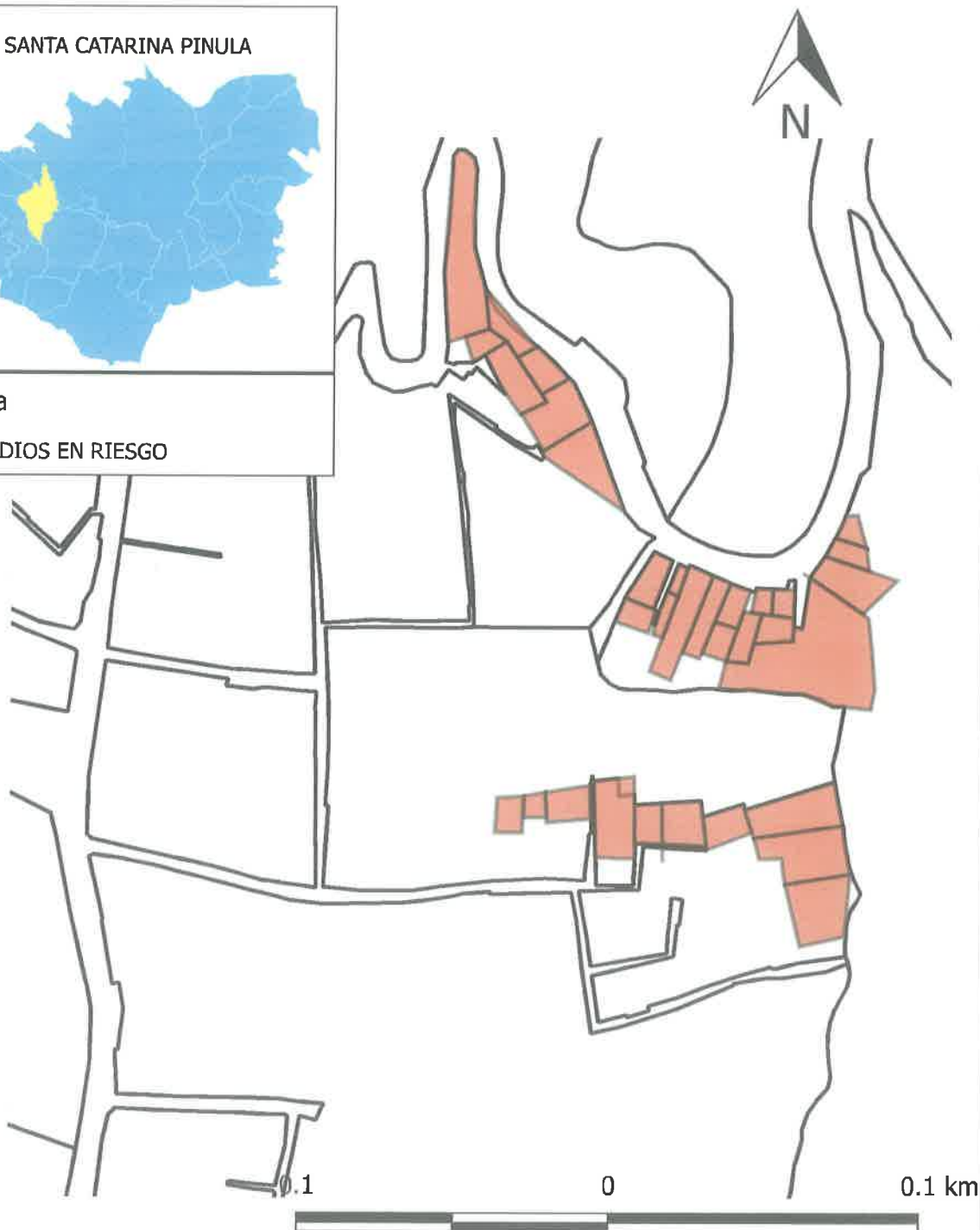


SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

 PREDIOS EN RIESGO



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez


Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



TIPO DE VISITA ESPECIALIZADA NECESARIA EN VIVIENDAS

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA






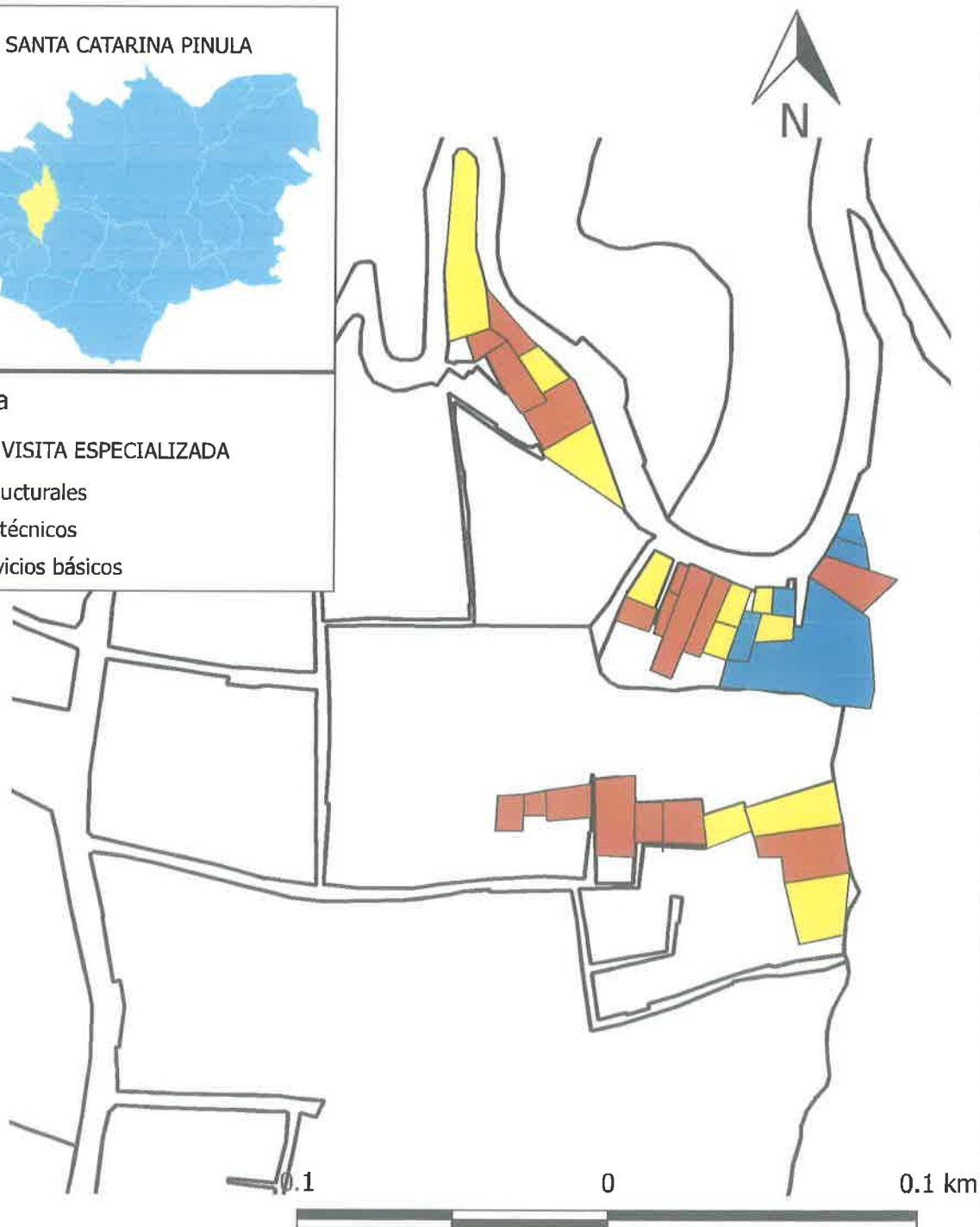
SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

TIPO DE VISITA ESPECIALIZADA

-  Estructurales
-  Geotécnicos
-  Servicios básicos



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Álvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



USO DE INMUEBLE

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA






SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

USO DE INMUEBLE

-  Vivienda comercio
-  vivienda multifamiliar
-  Vivienda unifamiliar




septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez


Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



MATERIAL PREDOMINANTE EN TECHOS DE VIVIENDAS

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



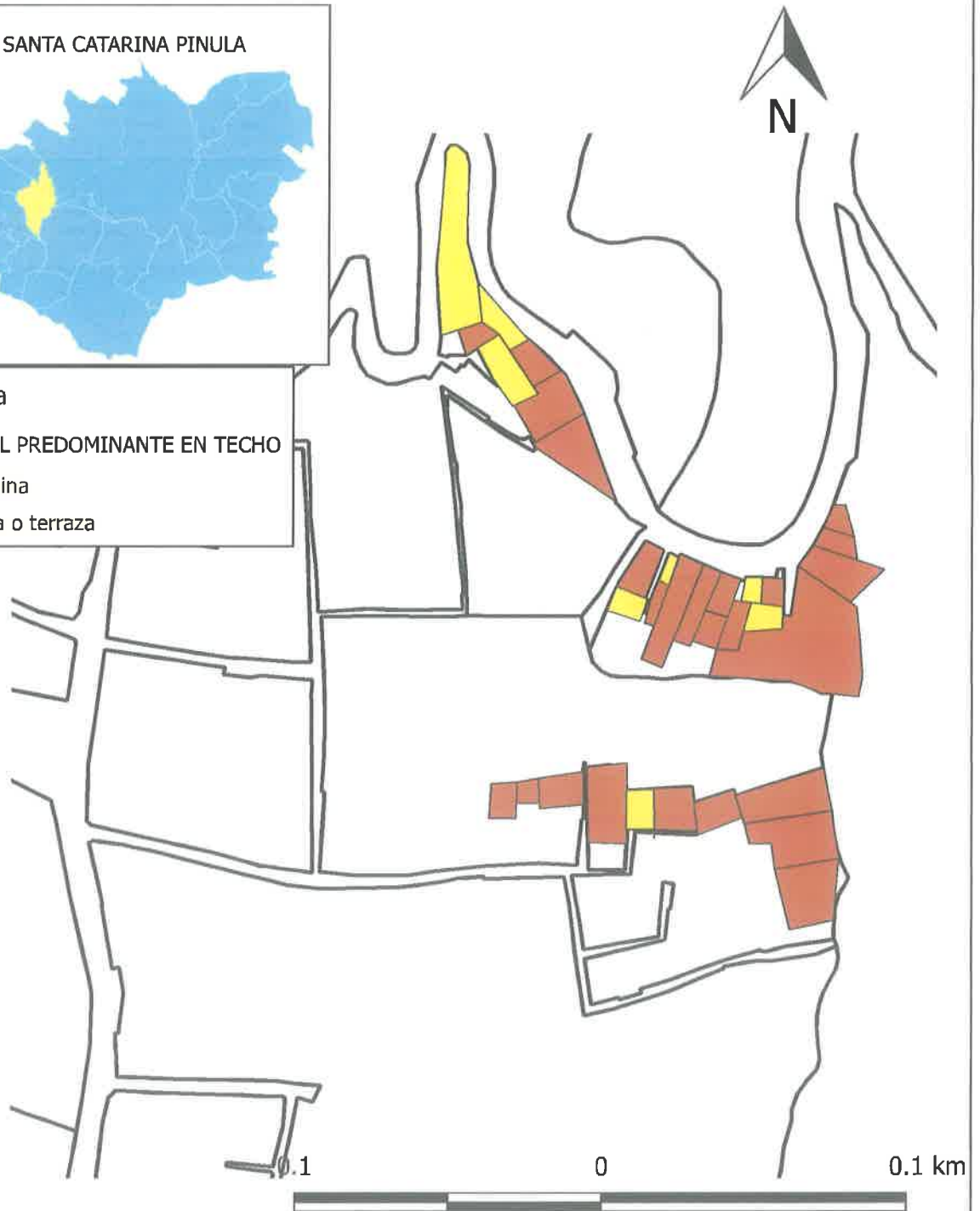
SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

MATERIAL PREDOMINANTE EN TECHO

- Lámina
- Losa o terraza



septiembre, 2016
Levantamiento de información por mesa técnica SCP
Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente
Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438

EL SITIO FUE AFECTADO POR RIOS QUE CAMBIARON SU CAUCE

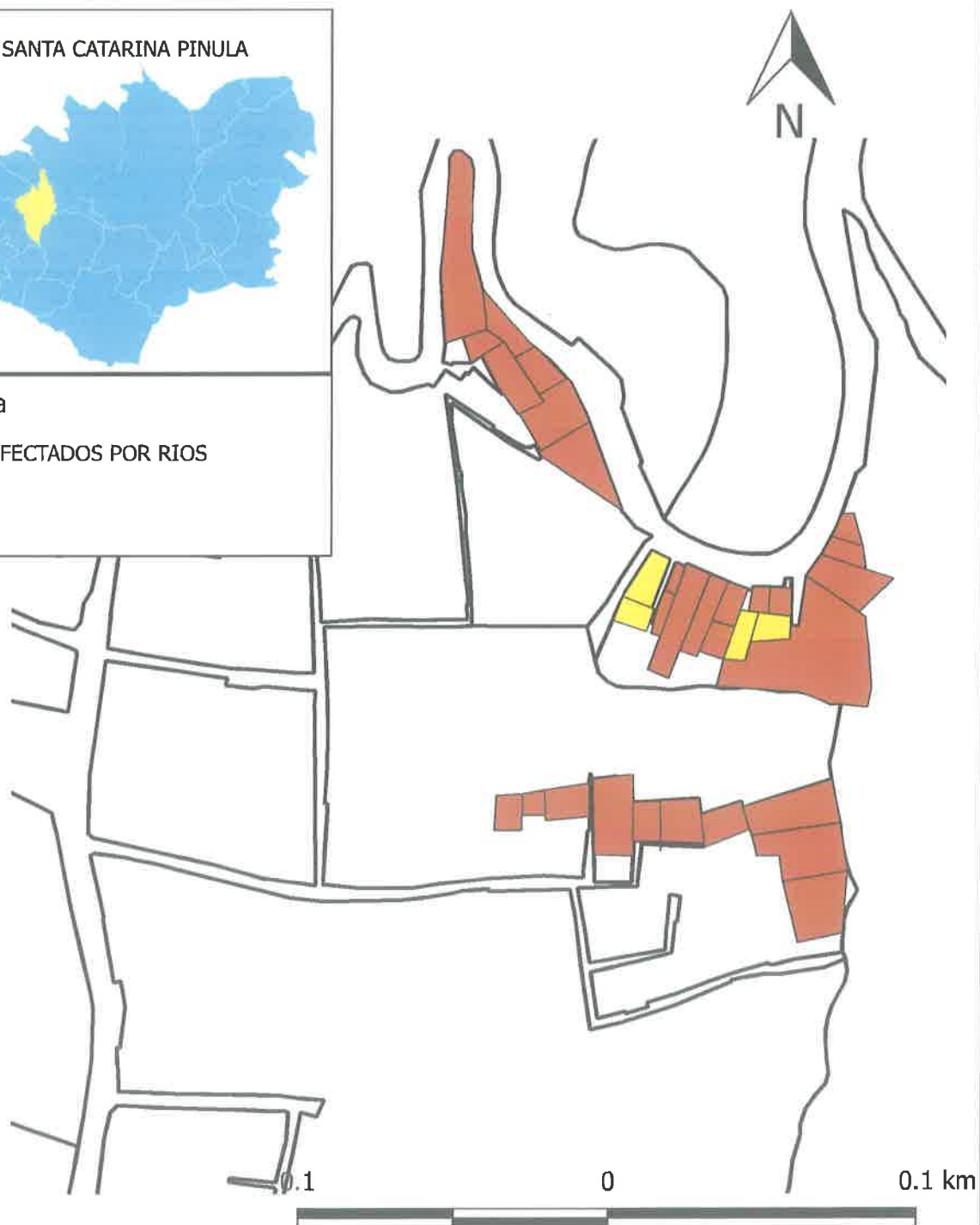
ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA

SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

SITIOS AFECTADOS POR RIOS



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
 INGENIERO CIVIL
 Colegiado 4,438



PREDIOS CON RUPTURA DE TUBERIA

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



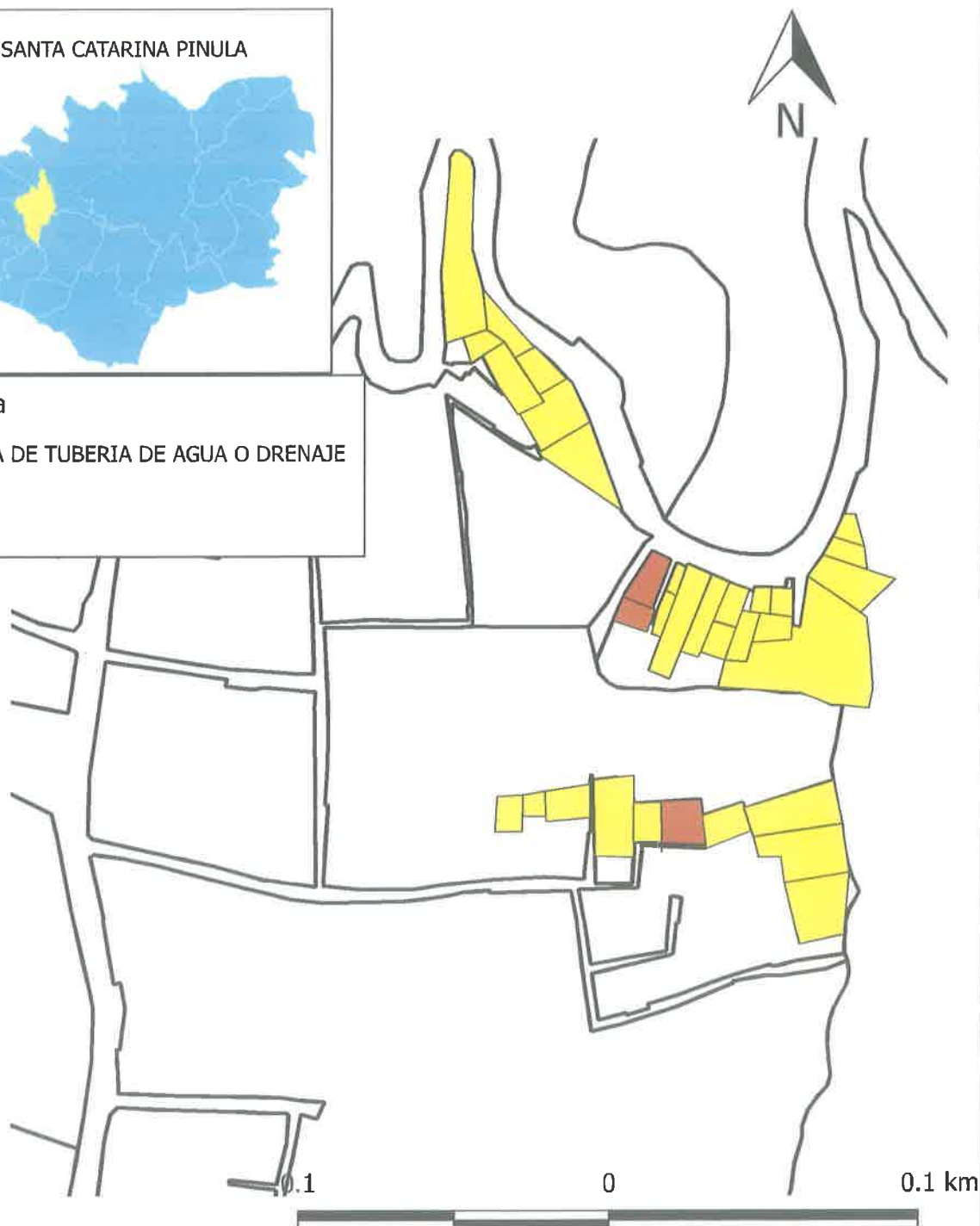
SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

RUPTURA DE TUBERIA DE AGUA O DRENAJE

- No
- Si



septiembre, 2016
Levantamiento de información por mesa técnica SCP
Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente
Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



PROPIEDAD DE LA VIVIENDA

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

PROPIEDAD DE LA VIVIENDA

Alquilada

Propia



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



LUGARES QUE HAN PRESENTADO HISTORICAMENTE INUNDACIONES CON PROFUNDIDADES IGUAL O MAYOR A 1.5 M DE ALTURA



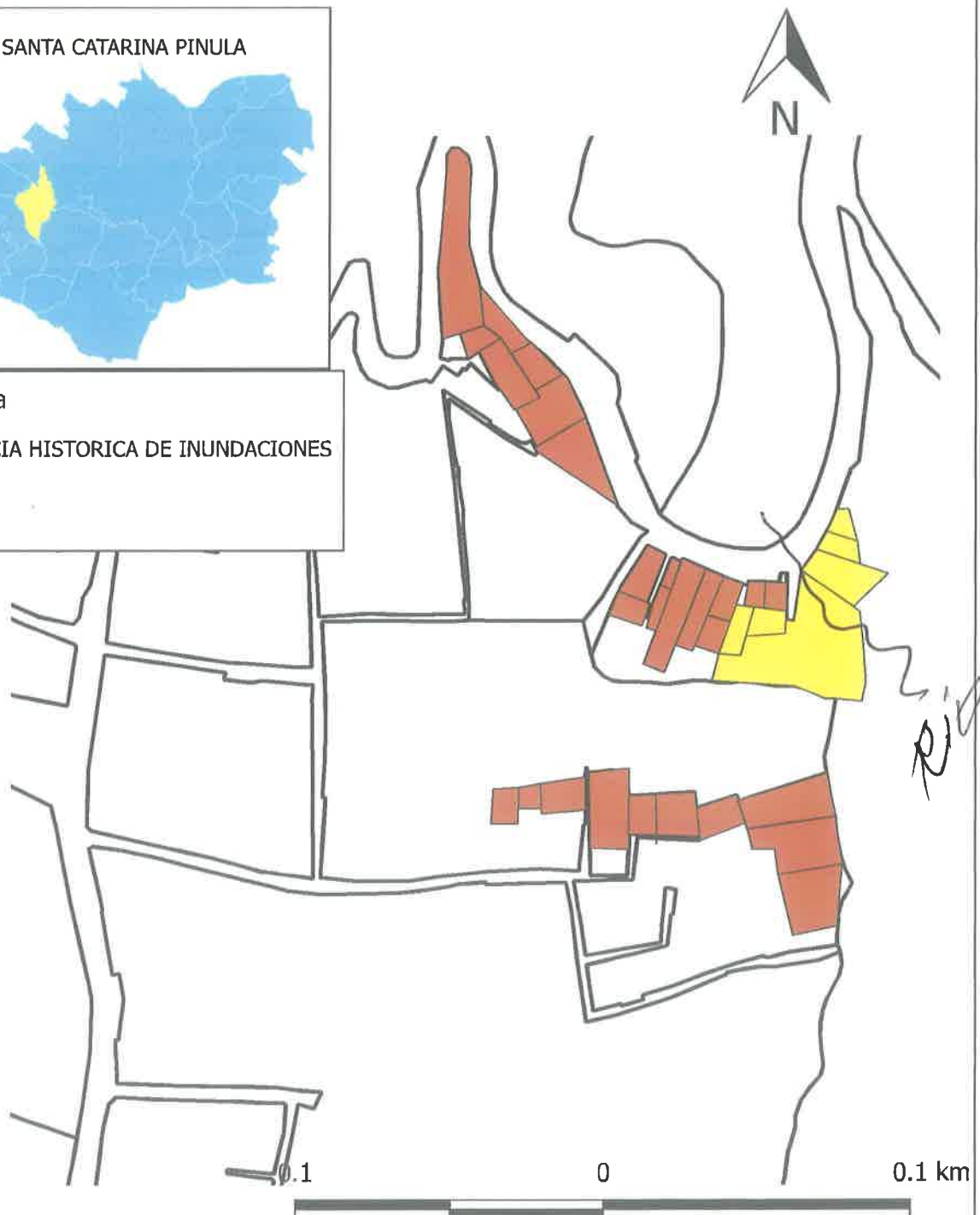
ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

PRESENCIA HISTORICA DE INUNDACIONES

- No
- Si

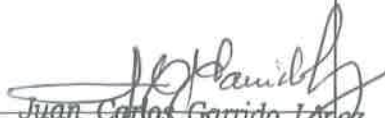


septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez


Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



PREDIOS CON AGRIETAMIENTO EN EL SUELO

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

AGRIETAMIENTO EN EL SUELO



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



VIVIENDAS CON POZO

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA

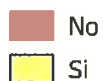


SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

POZO



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



TERRENOS QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN ÁREA EQUIVALENTE A 5 VECES EL ANCHO DEL CAUCE



ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA

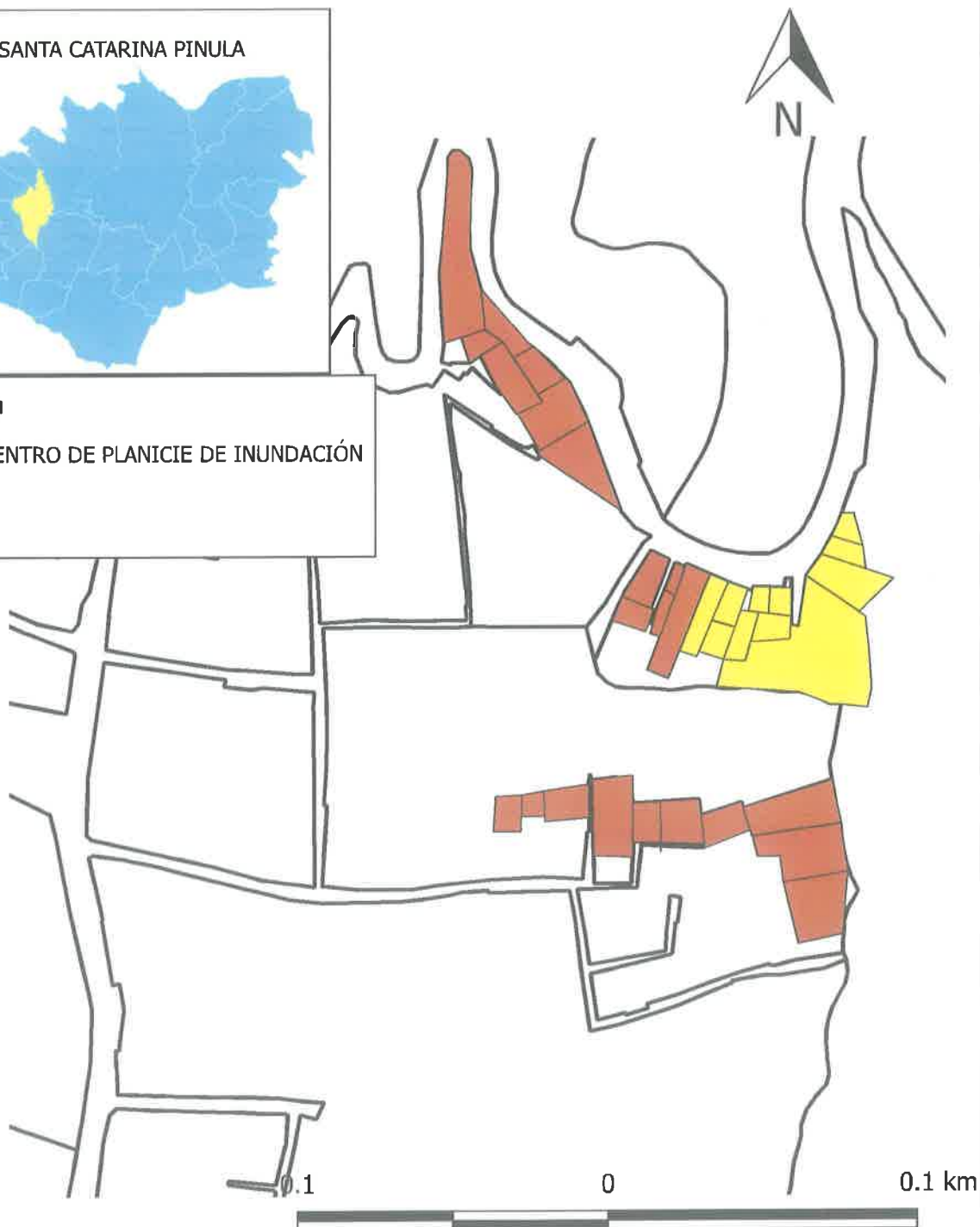


SANTA CATARINA PINULA

Leyenda

LOTES DENTRO DE PLANICIE DE INUNDACIÓN

- No
- Si



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



MATERIAL PREDOMINANTE EN PISO INTERIOR DE LAS VIVIENDAS

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

MATERIAL DE PISO INTERIOR

- Concreto
- Piso cerámico o granito
- Tierra



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



PENDIENTE DE TALUD CERCANO A PREDIOS

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

PENDIENTE DE TALUD CERCANO

- 16 a 30 grados
- 3 a 15 grados
- 31 a 45 grados
- mayor a 45



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438

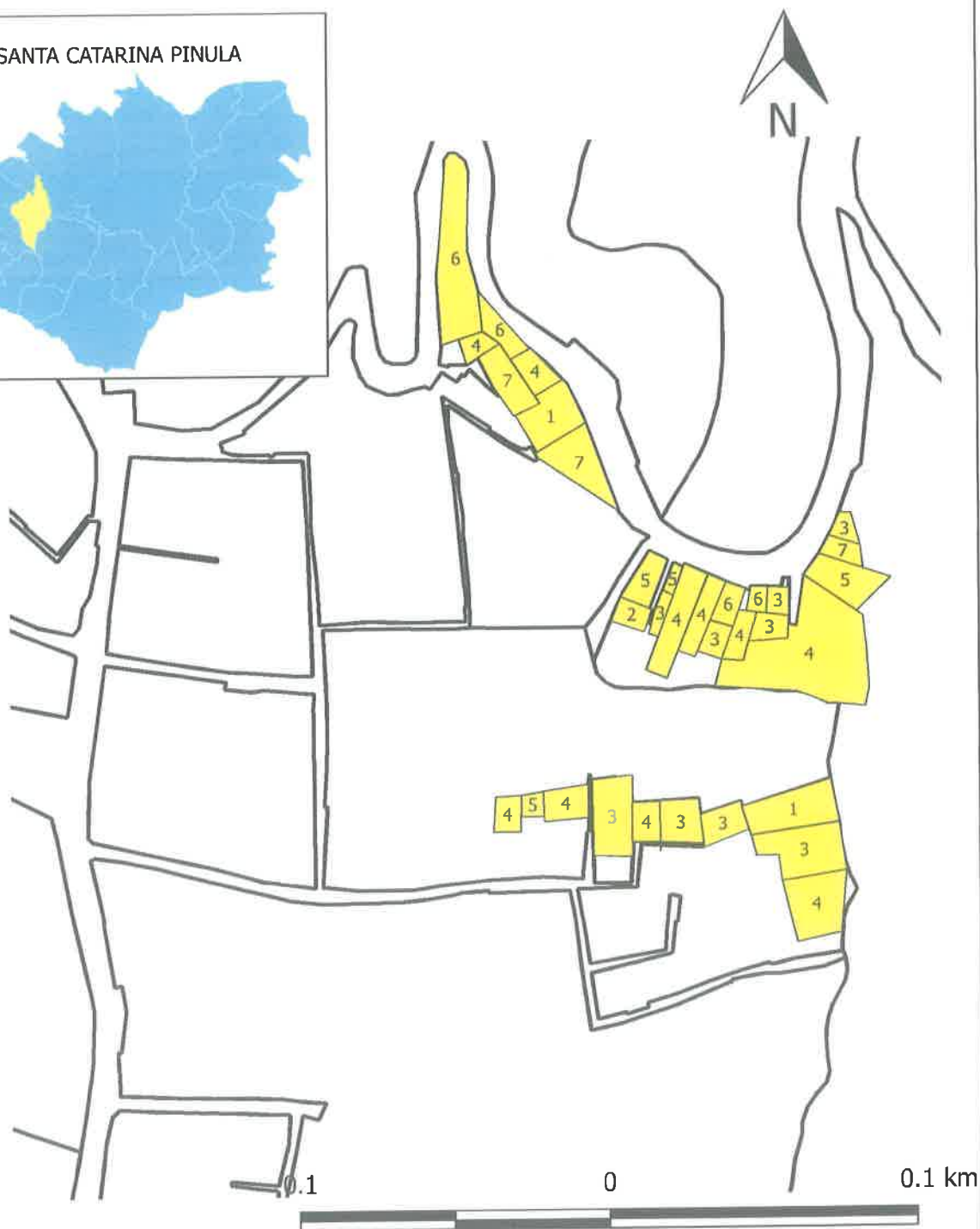


CANTIDAD DE AMBIENTES POR VIVIENDA

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



NIVEL DE HABITABILIDAD DE LA VIVIENDAS

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA

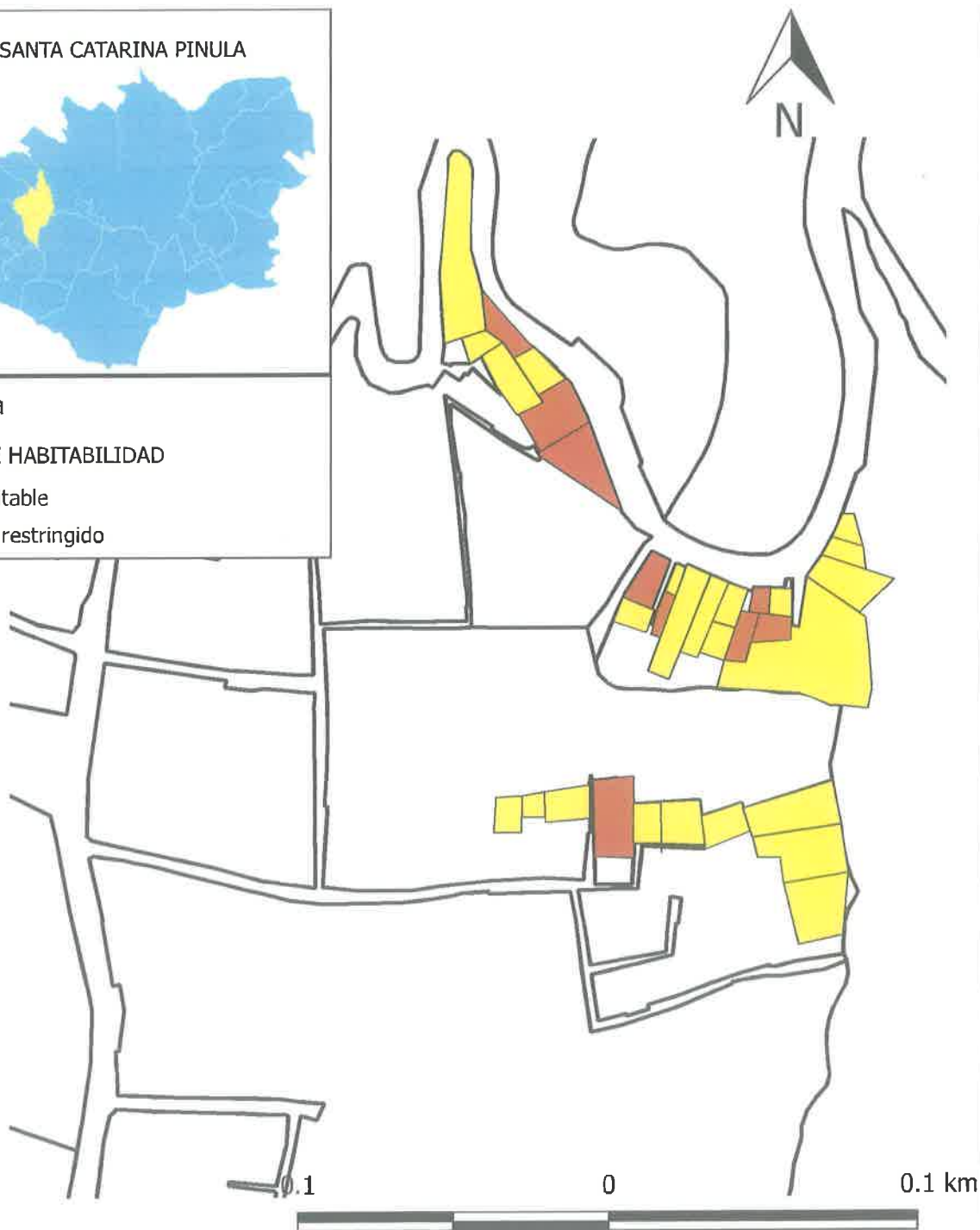


Leyenda

NIVEL DE HABITABILIDAD

 Habitable

 Uso restringido




septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez


Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438

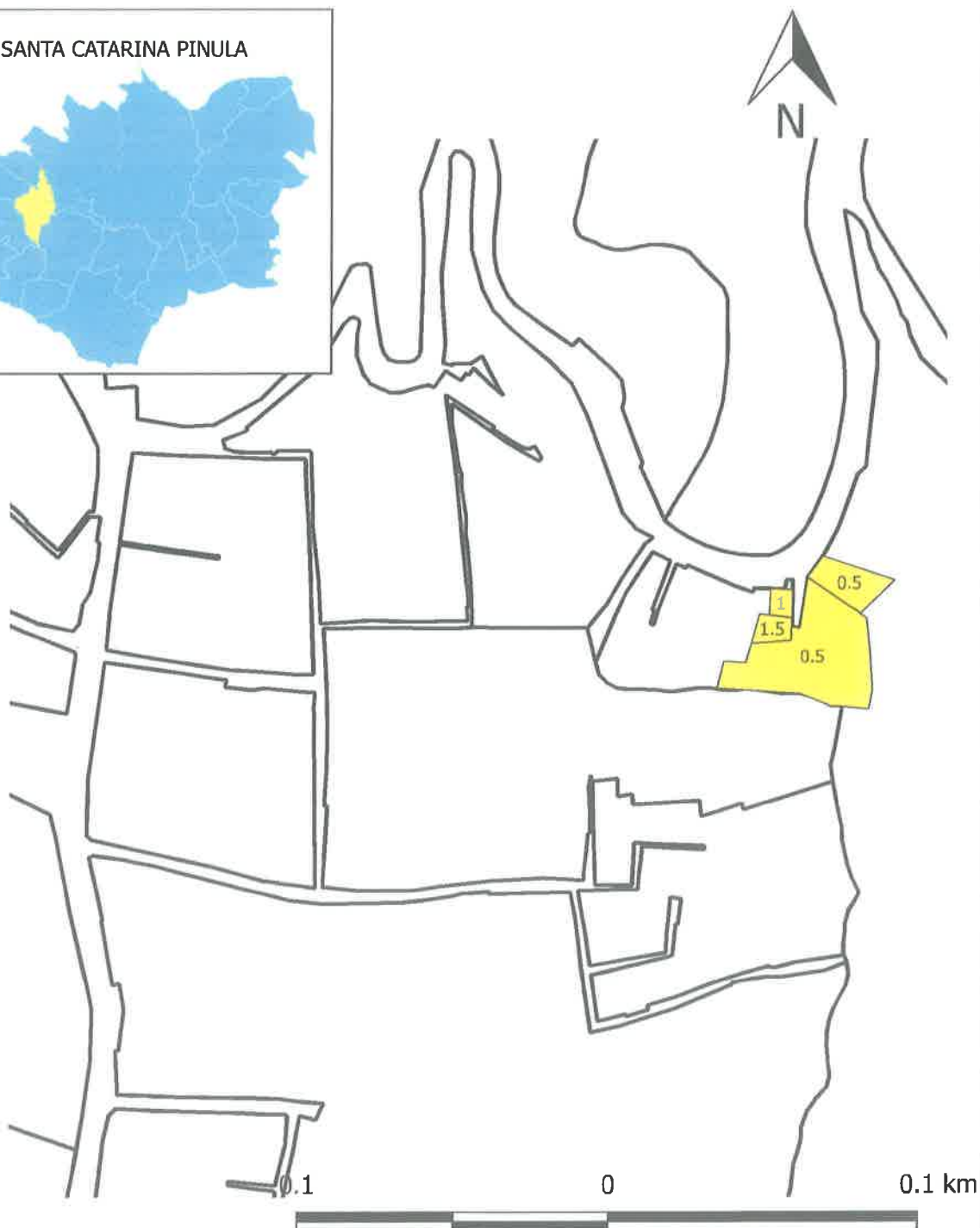


NIVEL EN METROS QUE ALCANZA EL AGUA DURANTE INUNDACION EN VIVIENDAS

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA



septiembre, 2016
Levantamiento de información por mesa técnica SCP
Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente
Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



PREDIOS CON NACIMIENTO DE AGUA DENTRO DEL SITIO

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

NACIMIENTO DE AGUA DENTRO DEL SITIO

- No
- Si



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



MATERIAL PREDOMINANTE EN MUROS DE VIVIENDAS

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

MATERIAL PREDOMINANTE EN MUROS

- Block
- Ladrillo
- Madera



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA PREDIOS EN RIESGO

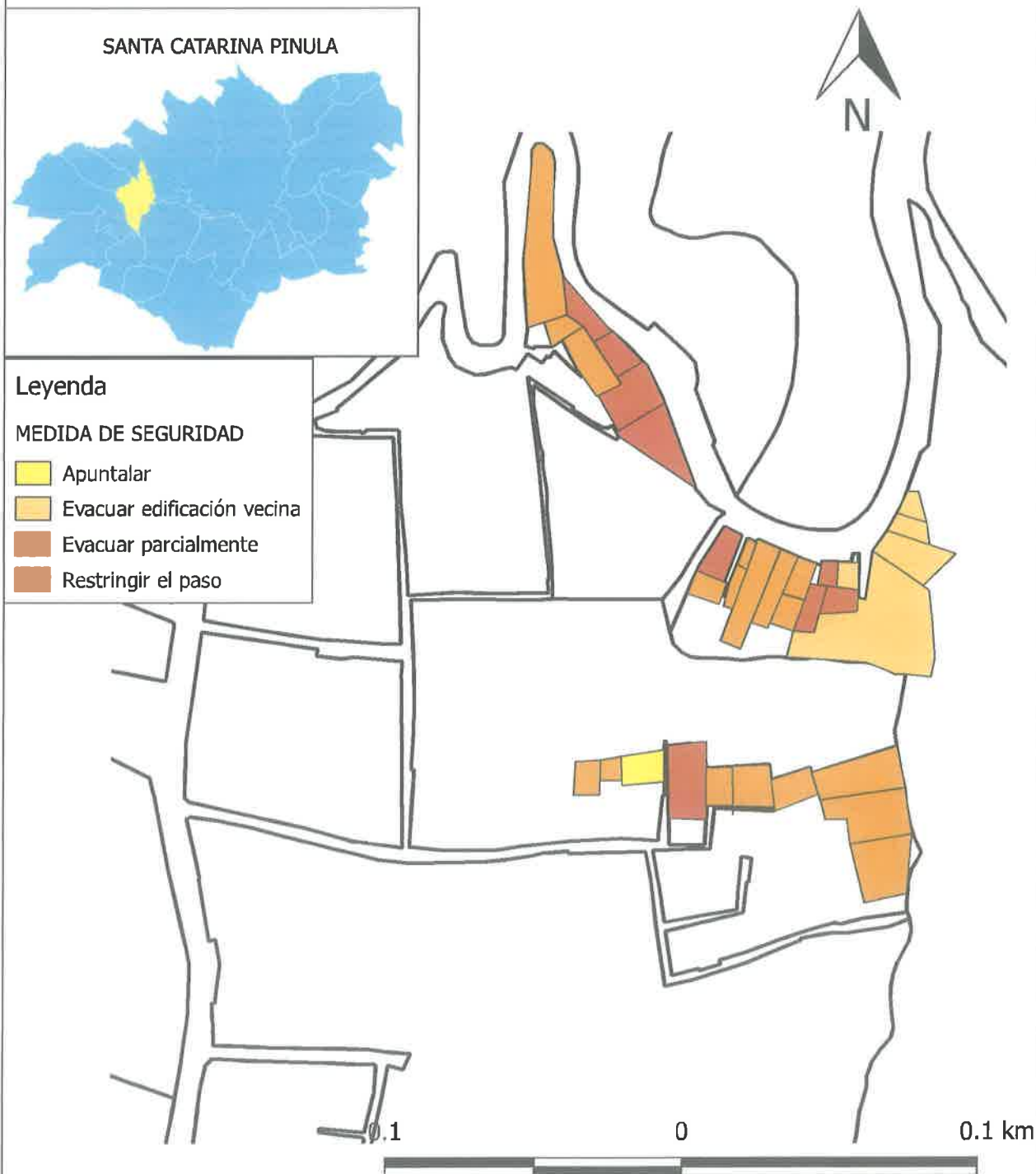
ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

MEDIDA DE SEGURIDAD

- Apuntalar
- Evacuar edificación vecina
- Evacuar parcialmente
- Restringir el paso



septiembre, 2016
Levantamiento de información por mesa técnica SCP
Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente
Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



LOTES QUE SE ENCUENTRAN A MENOS DE 5 VECES LA ALTURA DE TALUDES VERTICALES QUE SUPERAN 2 M DE ALTURA



ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA

SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

LOTES CERCA DE TALUD



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



VIVIENDAS CON LETRINA

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

LETRINA

- No
- Si



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido Lopez
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



EL TERRENO ESTA SOBRE O BAJO LA LADERA QUE PRESENTA GRIETAS O GRADAS EN EL SITIO

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA

Leyenda

LOTES CERCA DE LADERA CON GRIETAS

- No
- Si



septiembre, 2016
Levantamiento de información por mesa técnica SCP
Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente
Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



VIVIENDAS CON INDICIOS DE DAÑOS ANTERIORES

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

INDICIOS DE DAÑOS ANTERIORES



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



VIVIENDAS CON HUNDIMIENTOS

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

HUNDIMIENTO



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



TOTAL DE HABITANTES EN CADA PREDIO

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA



septiembre, 2016
Levantamiento de información por mesa técnica SCP
Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente
Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



VIVIENDAS CON GRIETAS EN LA ESTRUCTURA

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

GRIETAS

No

Si



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



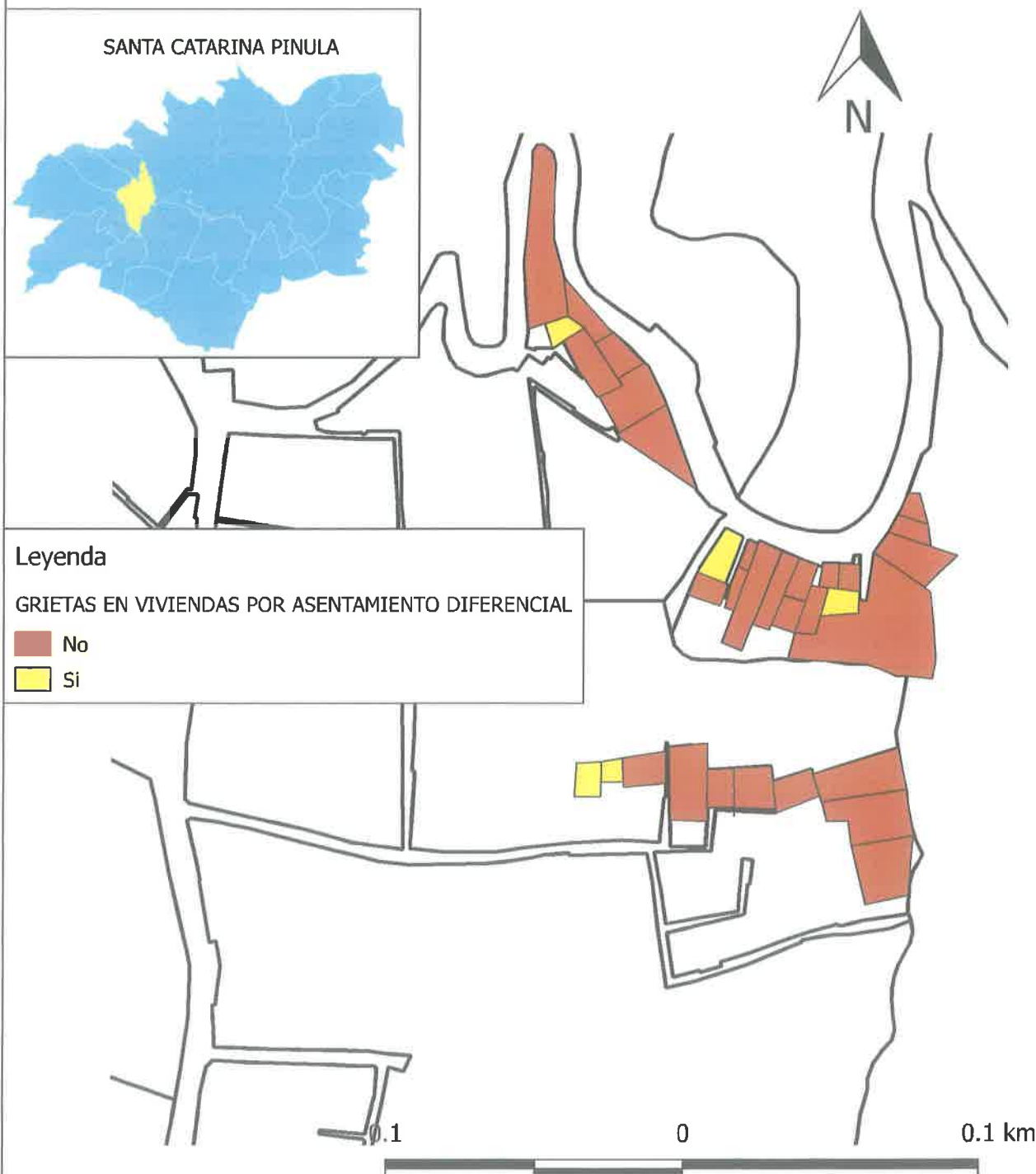
PREDIOS CON PRESENCIA DE GRIETAS POR ASENTAMIENTO DIFERENCIAL



ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

GRIETAS EN VIVIENDAS POR ASENTAMIENTO DIFERENCIAL

- No
- Si

septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

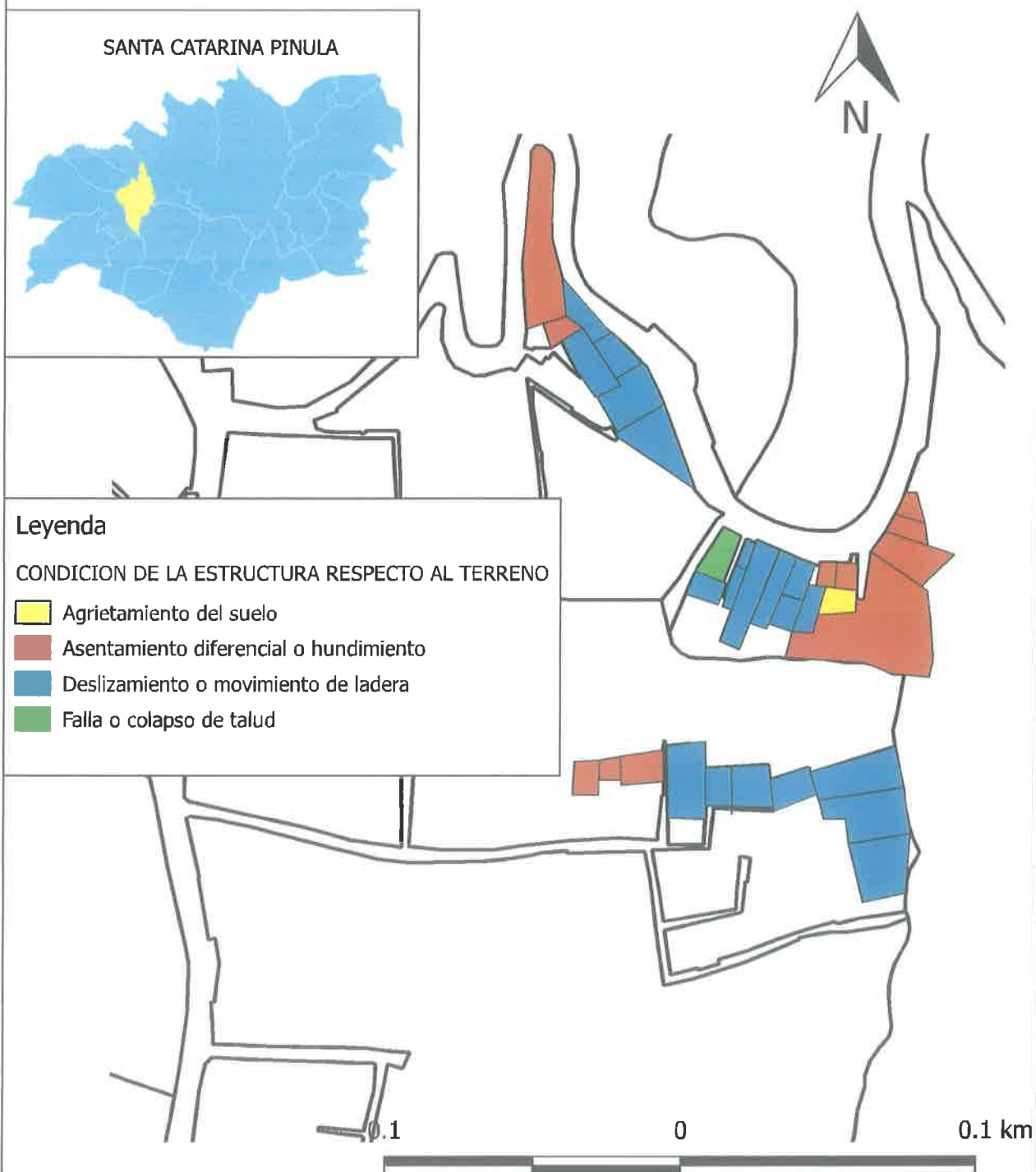
Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



CONDICIÓN DE LA ESTRUCTURA RESPECTO AL TERRENO

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



ACCESO A SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



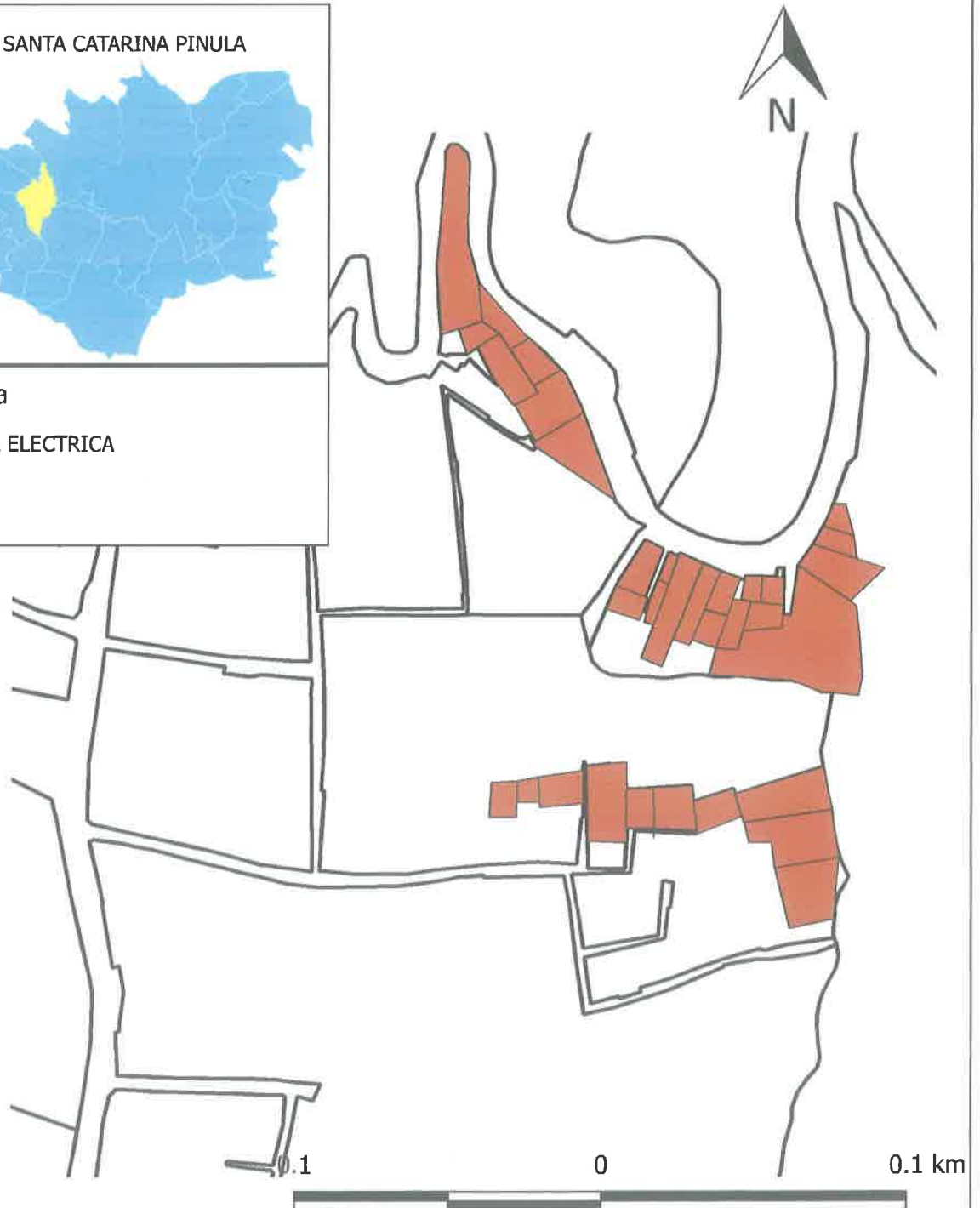
SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

ENERGÍA ELECTRICA

- Si
- No



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



VIVIENDAS CON ACCESO A DRENAJE SANITARIO

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

DRENAJE SANITARIO

- No
- Si



septiembre, 2016
Levantamiento de información por mesa técnica SCP
Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente
Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



VIVIENDAS CON DESPLOME DE MUROS

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA

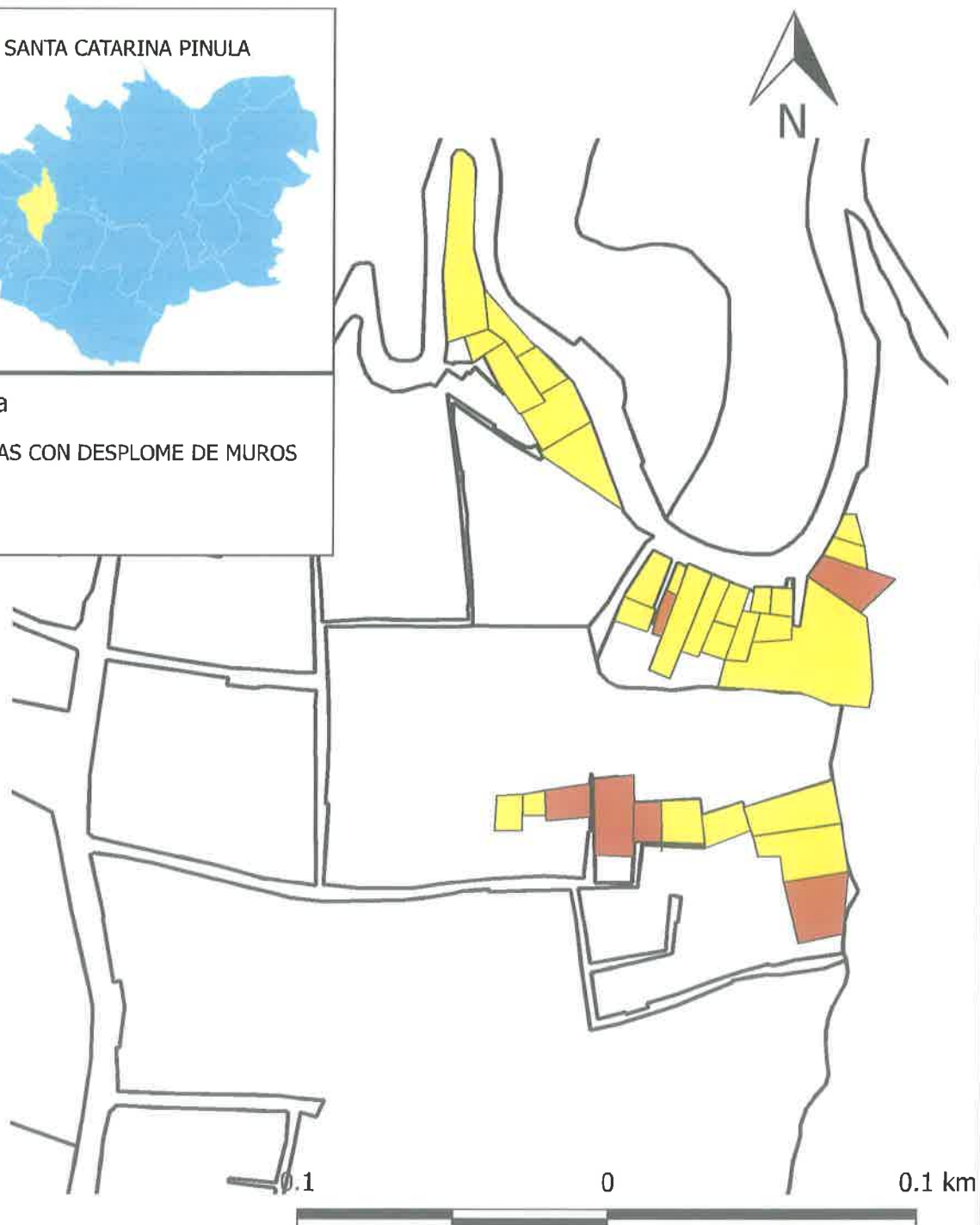


SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

VIVIENDAS CON DESPLOME DE MUROS



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



DAÑO GLOBAL EN VIVIENDAS EN RIESGO

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

PORCENTAJE DE DAÑO GLOBAL

0 a 30 leve

31 a 60 moderado



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL DE LAS VIVIENDAS

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



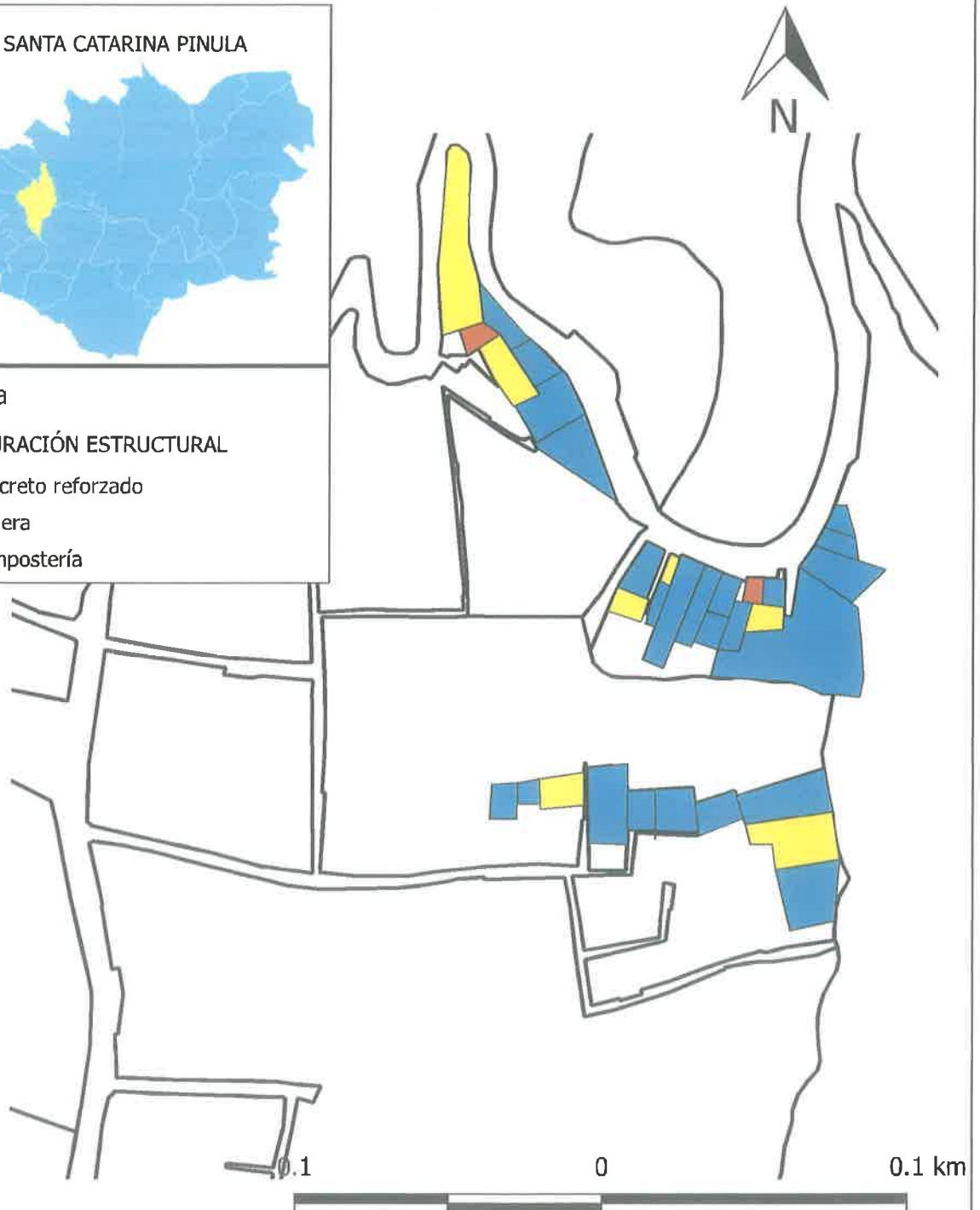
SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

- Concreto reforzado
- Madera
- Mampostería



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



CONDICIÓN DEL SITIO

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

CONDICION DEL SITIO

- Agrietamiento del suelo
- Asentamiento diferencial o hundimiento
- Deslizamiento o movimiento de ladera
- Falla o colapso de talud



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



PREDIOS CON CERCOS O ARBOLES TORCIDOS

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA

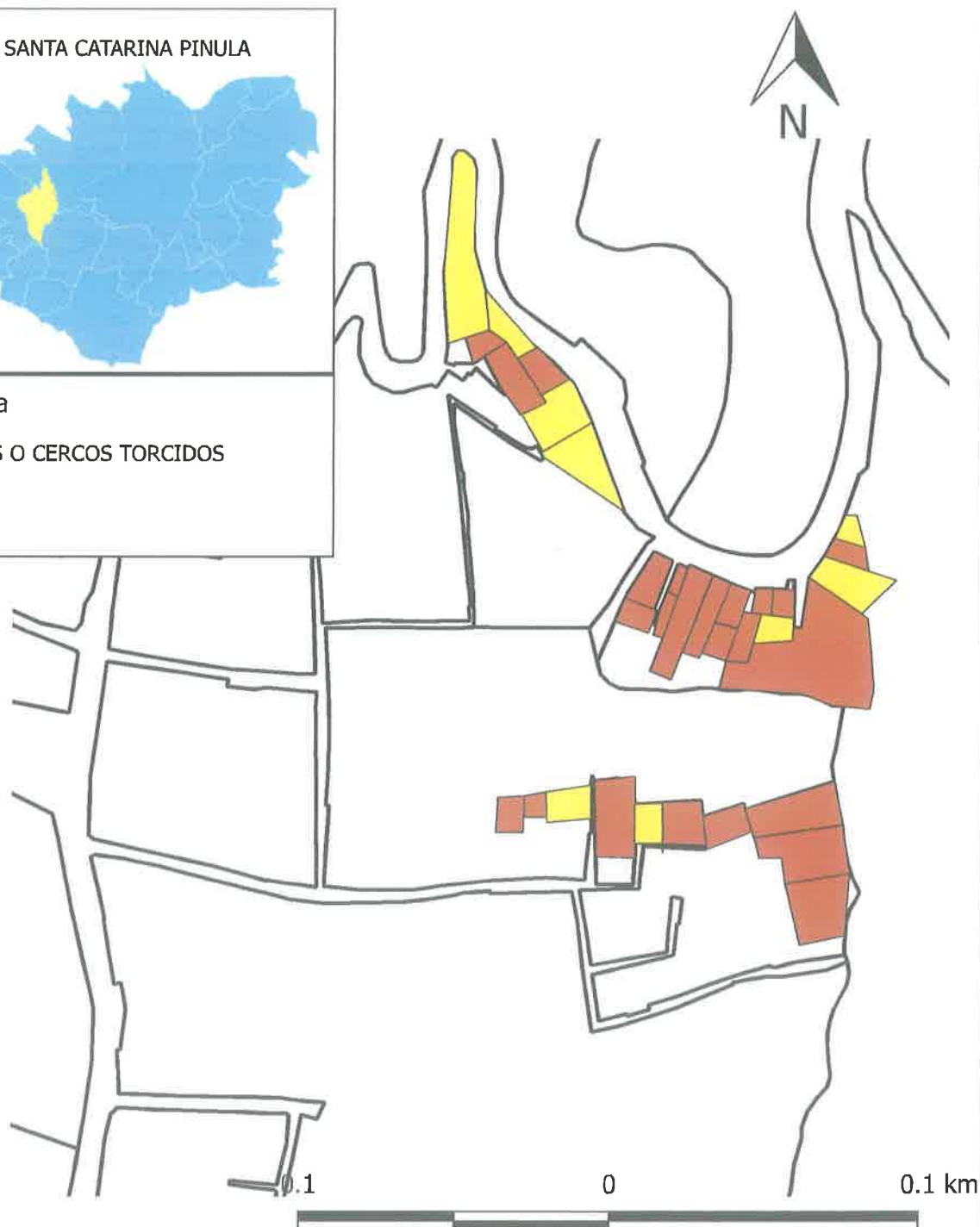


SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

ÁRBOLES O CERCOS TORCIDOS



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

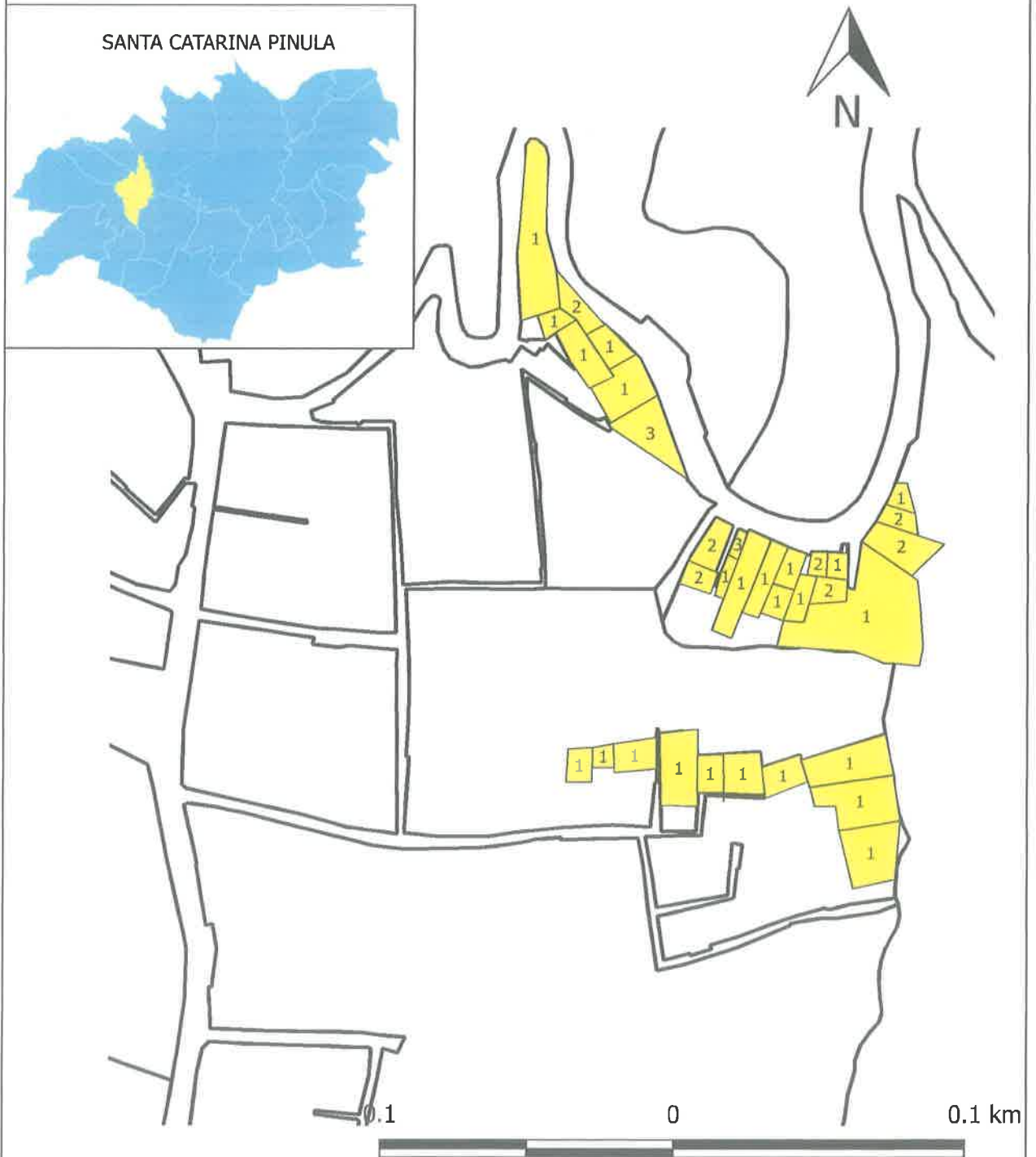
Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



CANTIDAD DE NIVELES DE VIVIENDAS

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



septiembre, 2016
Levantamiento de información por mesa técnica SCP
Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente
Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



TERRENOS QUE SE ENCUENTRAN TOTAL O PARCIALMENTE SUJETO A AREA DE ANEGAMIENTO, ENCHARCAMIENTO O PANTANOS

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

LOTES CERCA DE ANEGAMIENTO



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido Lopez
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



ACCESO A SERVICIO DE AGUA POTABLE

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

AGUA POTABLE

- Si
- No



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



PREDIOS PARCIALMENTE O TOTALMENTE AFECTADO POR FLUJOS DE LODO Y/O DESLIZAMIENTOS TANTO ESCARPES O DEPOSITOS



ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA

SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

TERRENOS AFECTADOS



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



TERRENOS QUE SE ENCUENTRAN SOBRE ABANICOS ALUVIALES

ALDEA EL PUEBLITO, SANTA CATARINA PINULA

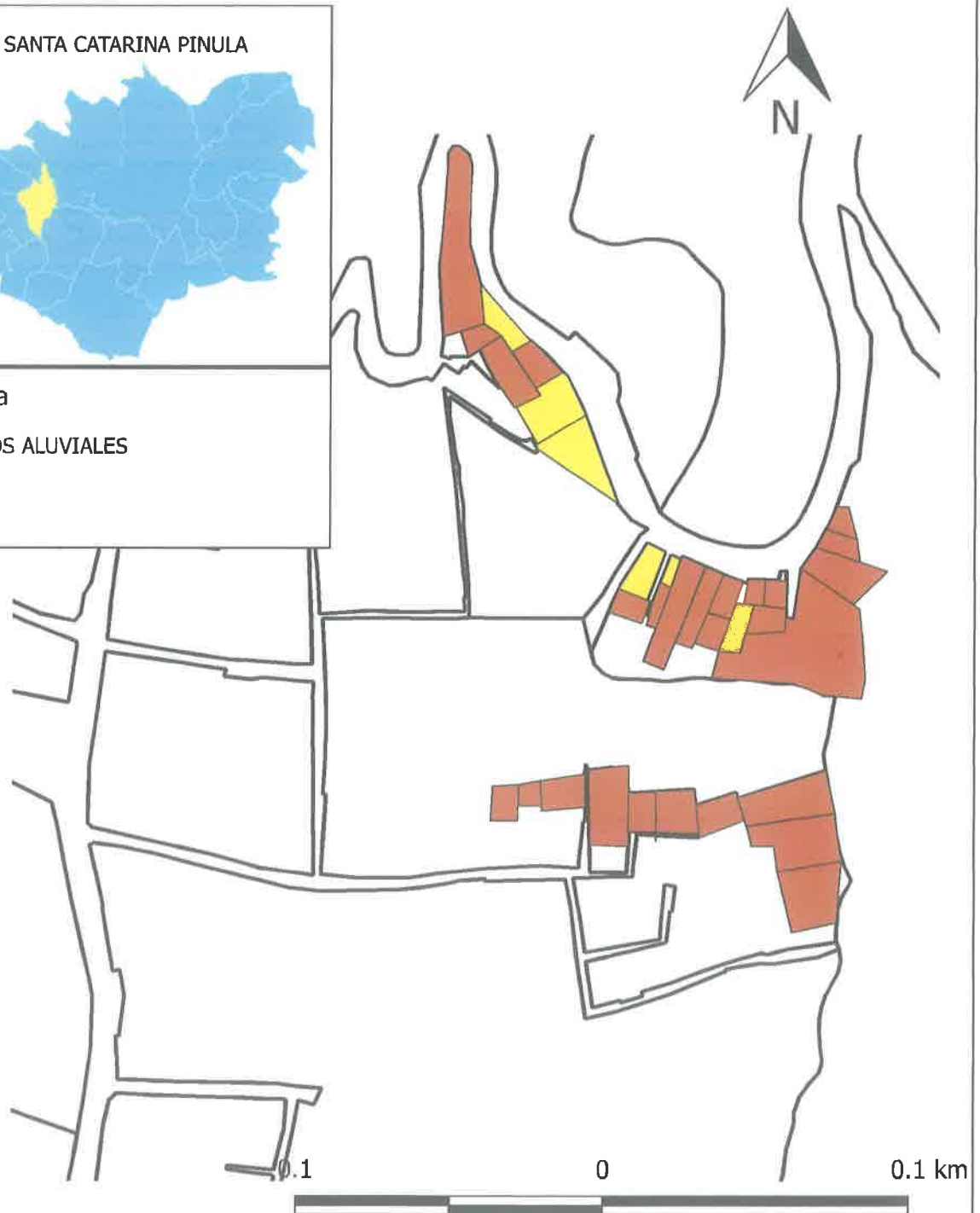
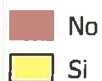


SANTA CATARINA PINULA



Leyenda

ABANICOS ALUVIALES



septiembre, 2016

Levantamiento de información por mesa técnica SCP

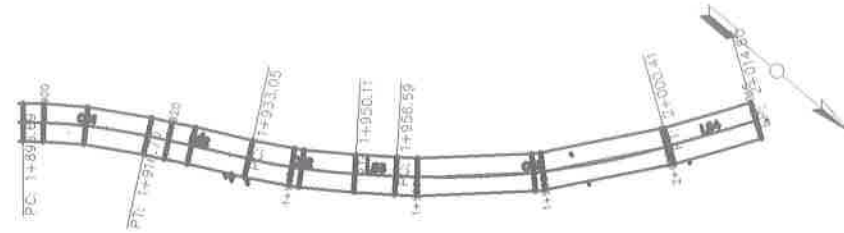
Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Departamento de ambiente

Elaboración: Alvaro Gómez

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438

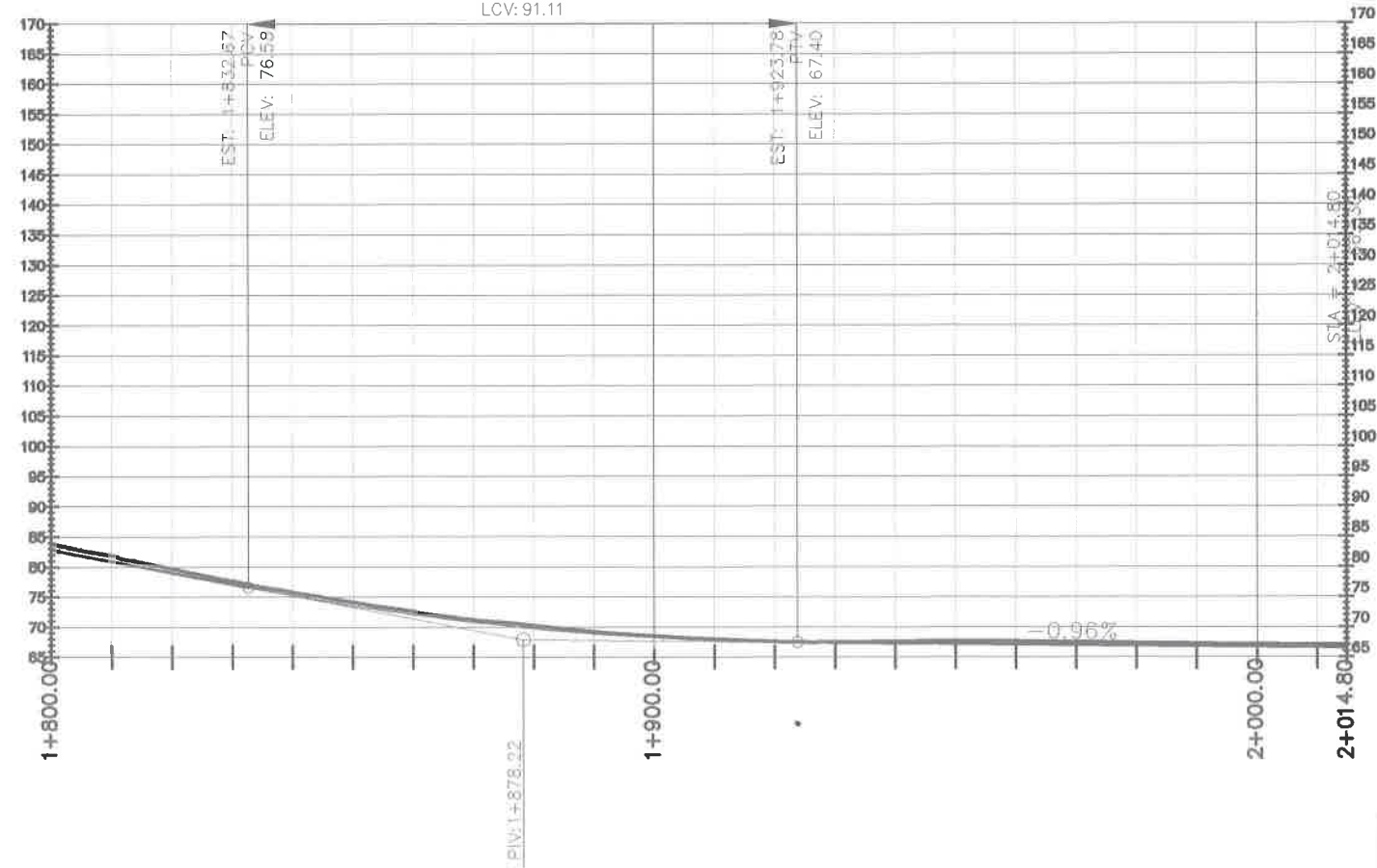
Apéndice 7. **Planos de carretera en la aldea Piedra Parada el Rosario**

Fuente: elaboración propia, empleando Civil AutoCAD.



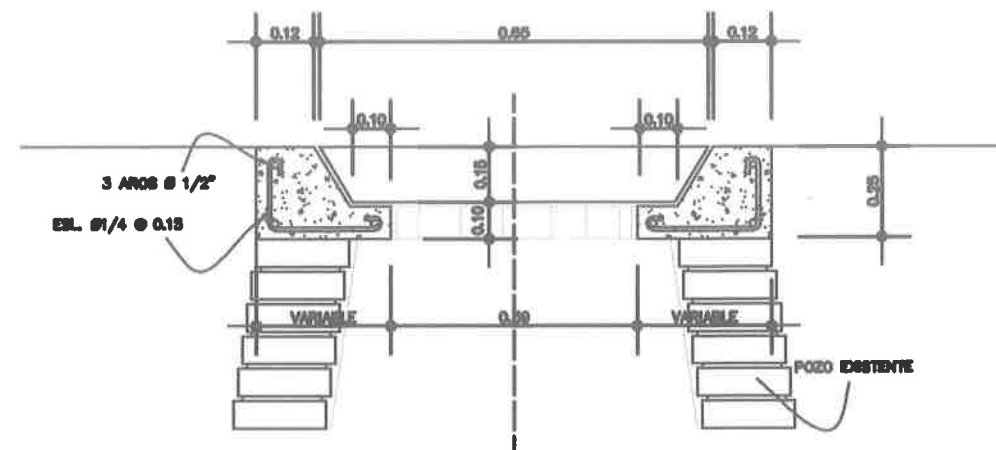
PERFIL LONGITUDINAL

K: 5.00
LCV: 91.11



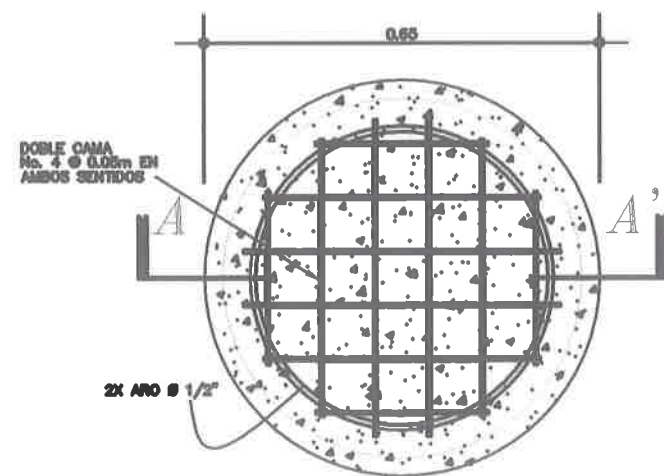
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA			
PROYECTO:	UBICACION:	FECHA:	
EPS ALVARO GÓMEZ	ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO	NOVIEMBRE DEL 2017	
PROYECTO: CARRETERA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO			
PROYECTO: PLANTA-PERFIL (DE EST. 1+896.00 A EST. 2+014.80)		Escala: HORIZONTAL 1:100 VERTICAL 1:750	
PROYECTOR: JUAN CARLOS CHIRIBO		8 / 12	

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



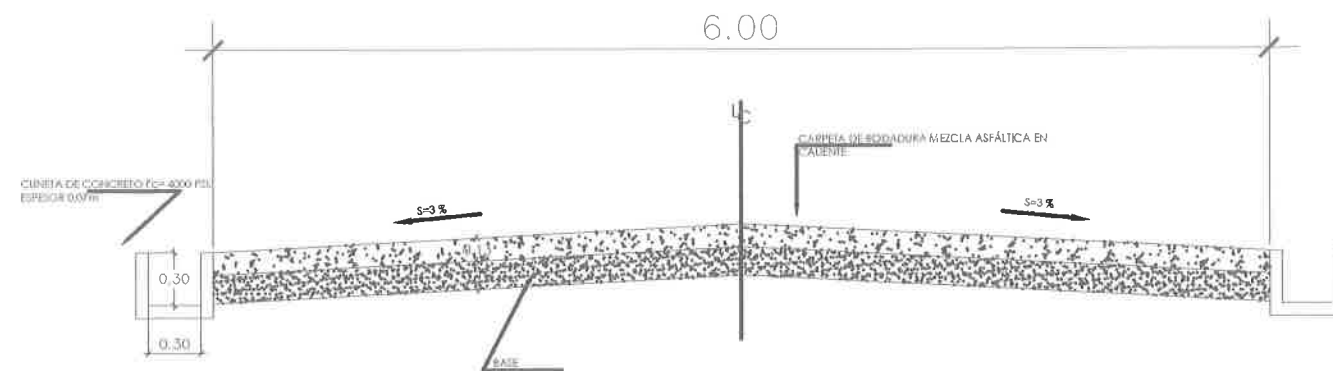
DETALLE DE BROCAL POZO

ESCALA 1/10.



TAPADERA POZO, PLANTA + SECCION A-A'

ESCALA 1/10.



SECCIÓN DE CARRETERA

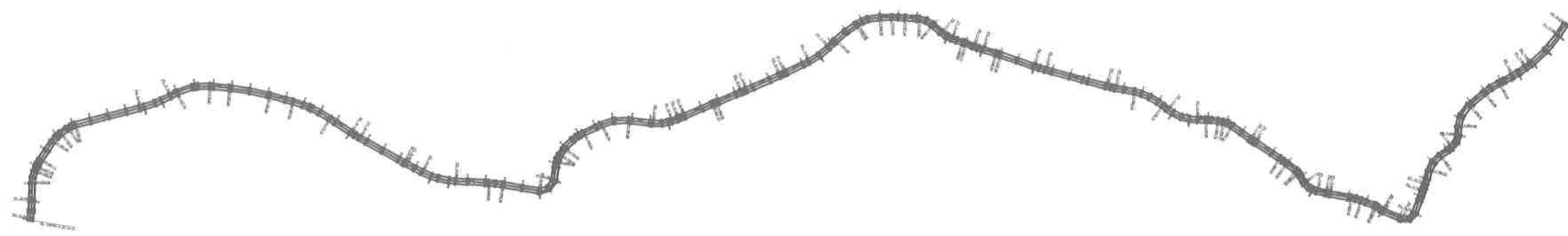
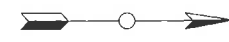
ESCALA 1/20.

ESPECIFICACIONES

1. LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERAN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL.
2. EL CONCRETO DEBERA TENER UN $F_c' = 210^{\circ} \text{ Kg/cm}^2$ PROPORCION 1:2:3:5.
3. EL MORTERO DEBERA SER DE CEMENTO Y ARENA DE RIO CON PROPORCION 1:3.
4. LOS BROGALES Y LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERAN USARSE SEGUN ESPECIFICACIONES A.C.I. ANTES DE SU INSTALACION.
5. EL ACERO A UTILIZAR SERA $F_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2$.
6. LA TUBERIA DE CAIDA EN POZOS PARA COLECTORES HASTA DE 24" SERA DE 8", PARA COLECTORES MAYORES DE 24" SERA DE 12".

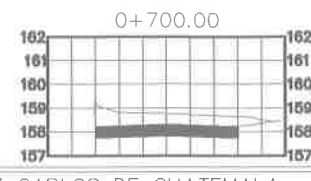
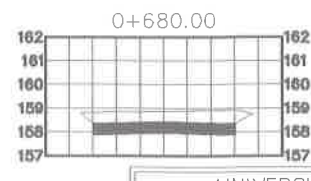
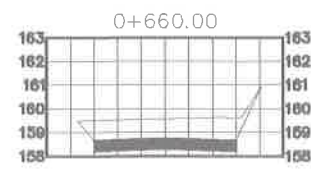
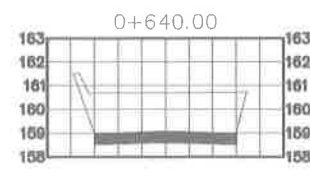
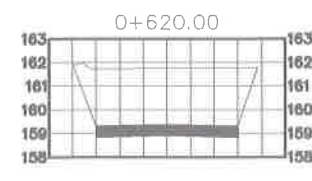
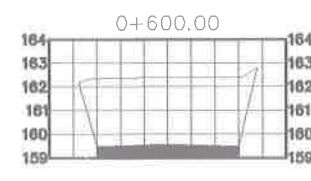
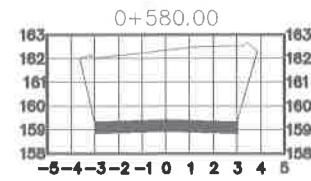
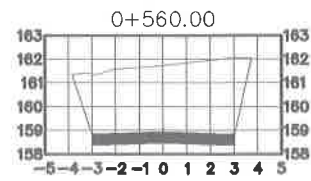
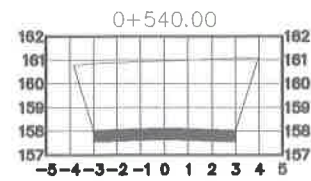
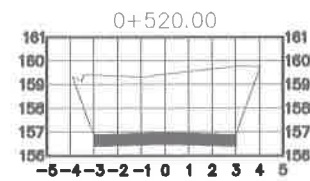
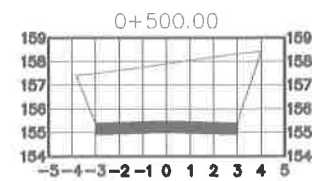
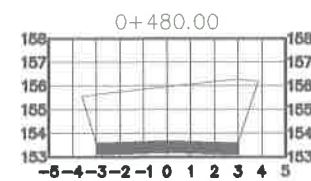
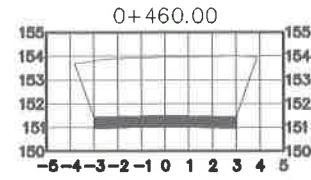
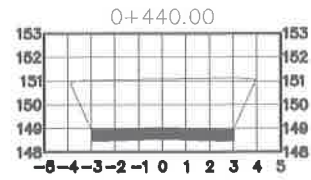
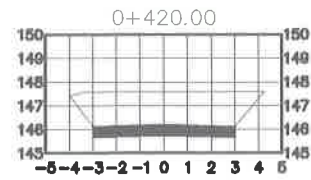
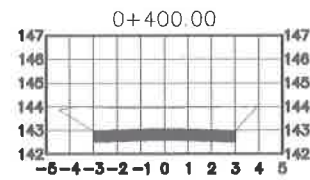
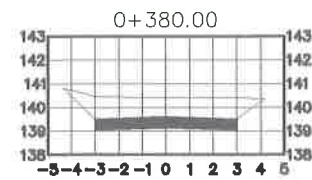
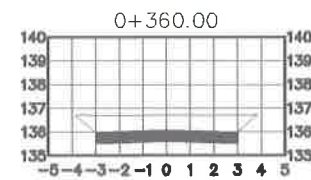
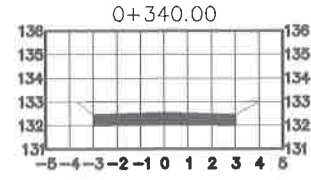
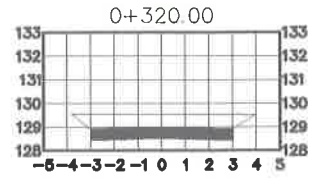
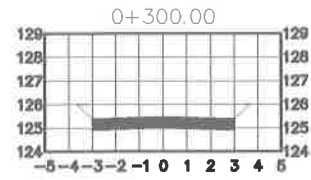
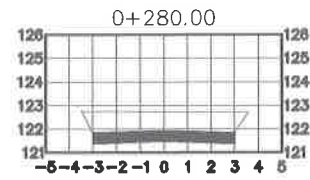
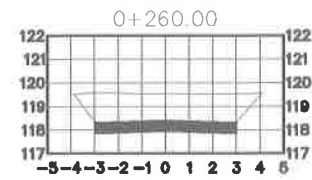
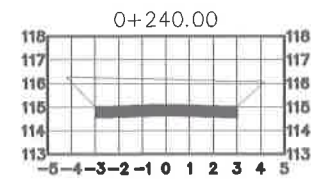
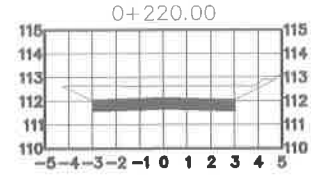
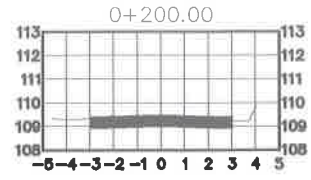
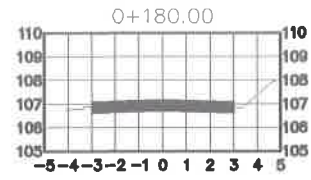
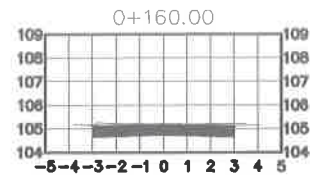
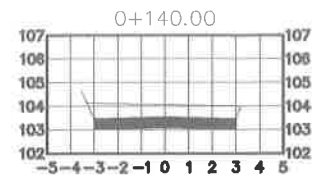
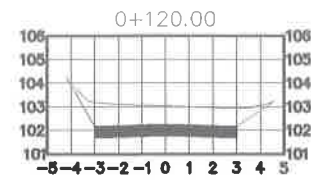
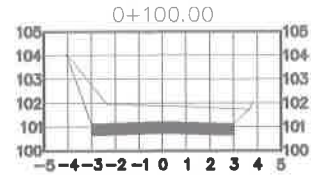
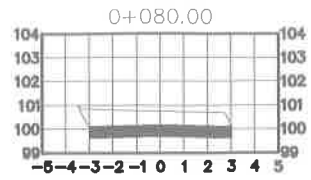
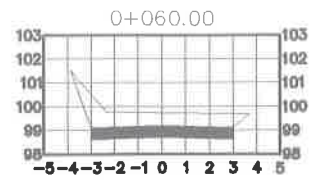
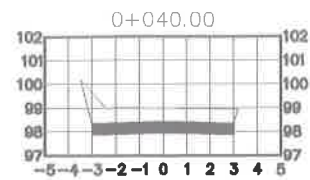
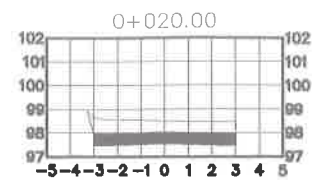
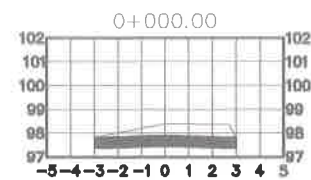
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA		
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA		
PROYECTO: EPS ALVARO GÓMEZ	UBICACION: ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO	CALEDA: EPS ALVARO GÓMEZ
PROYECTO: EPS ALVARO GÓMEZ	PROYECTO: EPS ALVARO GÓMEZ	FECHA: NOVIEMBRE DEL 2017
PROYECTO: CARRETERA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO		
CONTENIDO: DETALLES DE POZOS DE VISITA Y SECCIÓN DE CARRETERA		ESCALA: INDICADA
PROYECTO: EPS ALVARO GÓMEZ		FECHA: 12
PROYECTO: EPS ALVARO GÓMEZ		FECHA: 12

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



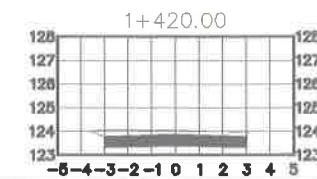
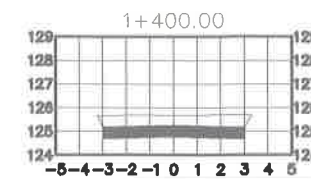
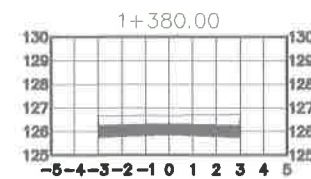
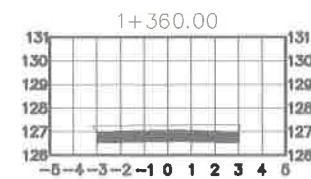
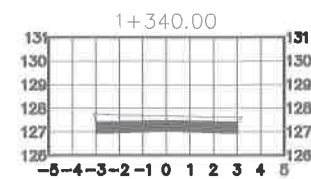
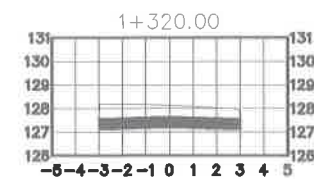
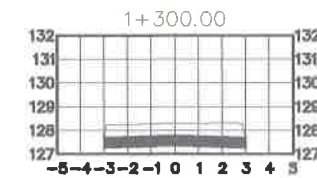
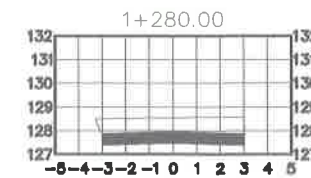
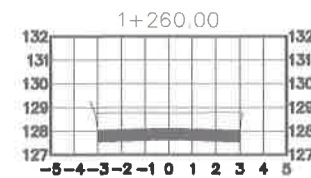
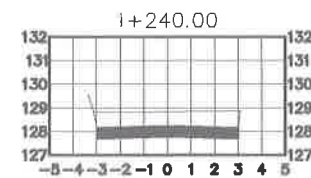
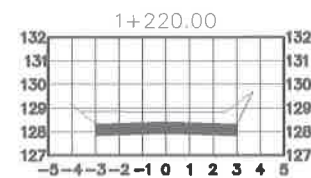
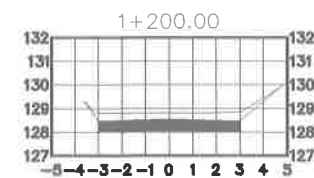
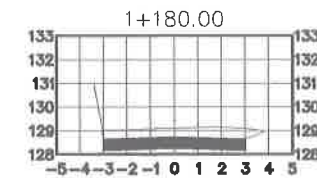
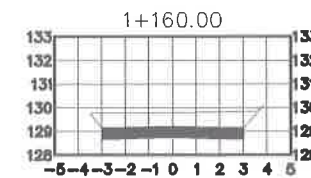
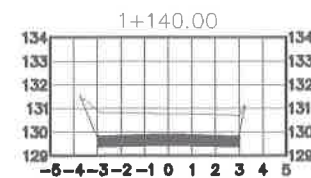
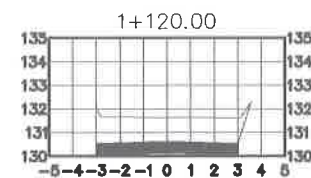
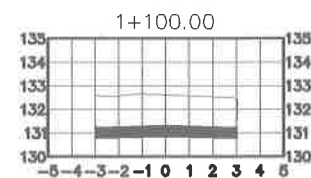
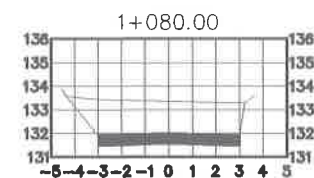
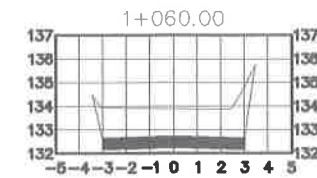
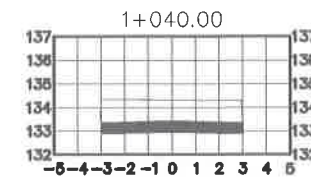
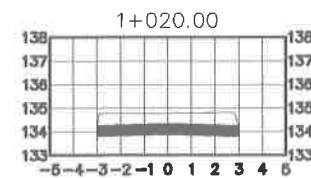
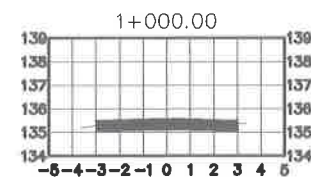
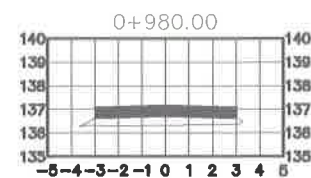
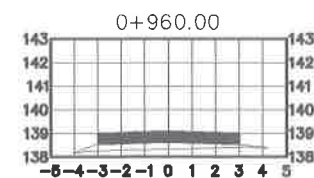
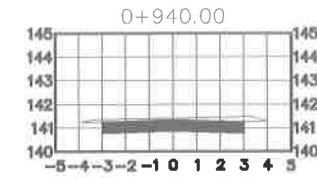
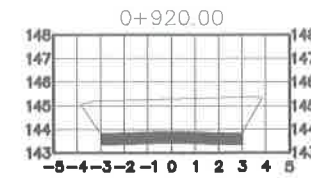
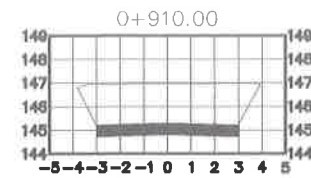
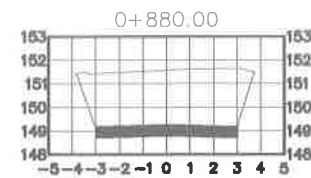
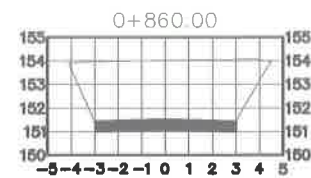
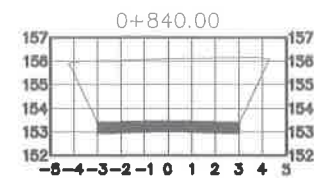
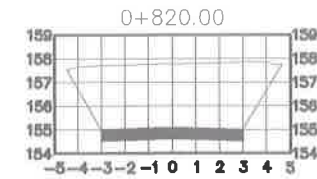
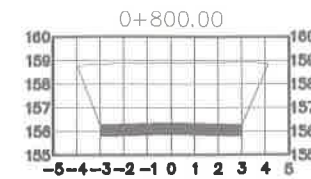
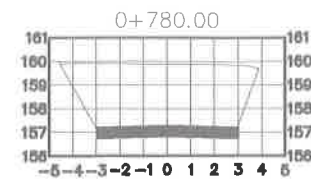
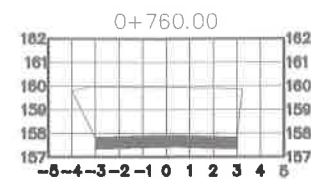
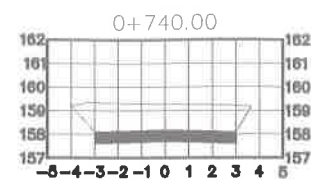
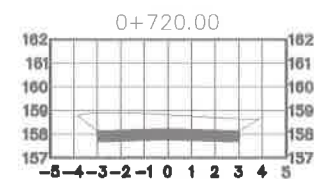
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA		
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA		
PROYECTO: EPS ALVARO GÓMEZ	UBICACIÓN: ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO	FECHA: NOVIEMBRE DEL 2017
CARRETERA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO		
CORRECTOR: PLANTA GENERAL		ESCALA: INDICADA
		1 / 12




Juan Carlos Garrido López
Ingeniero Civil
Colegiado 4,438



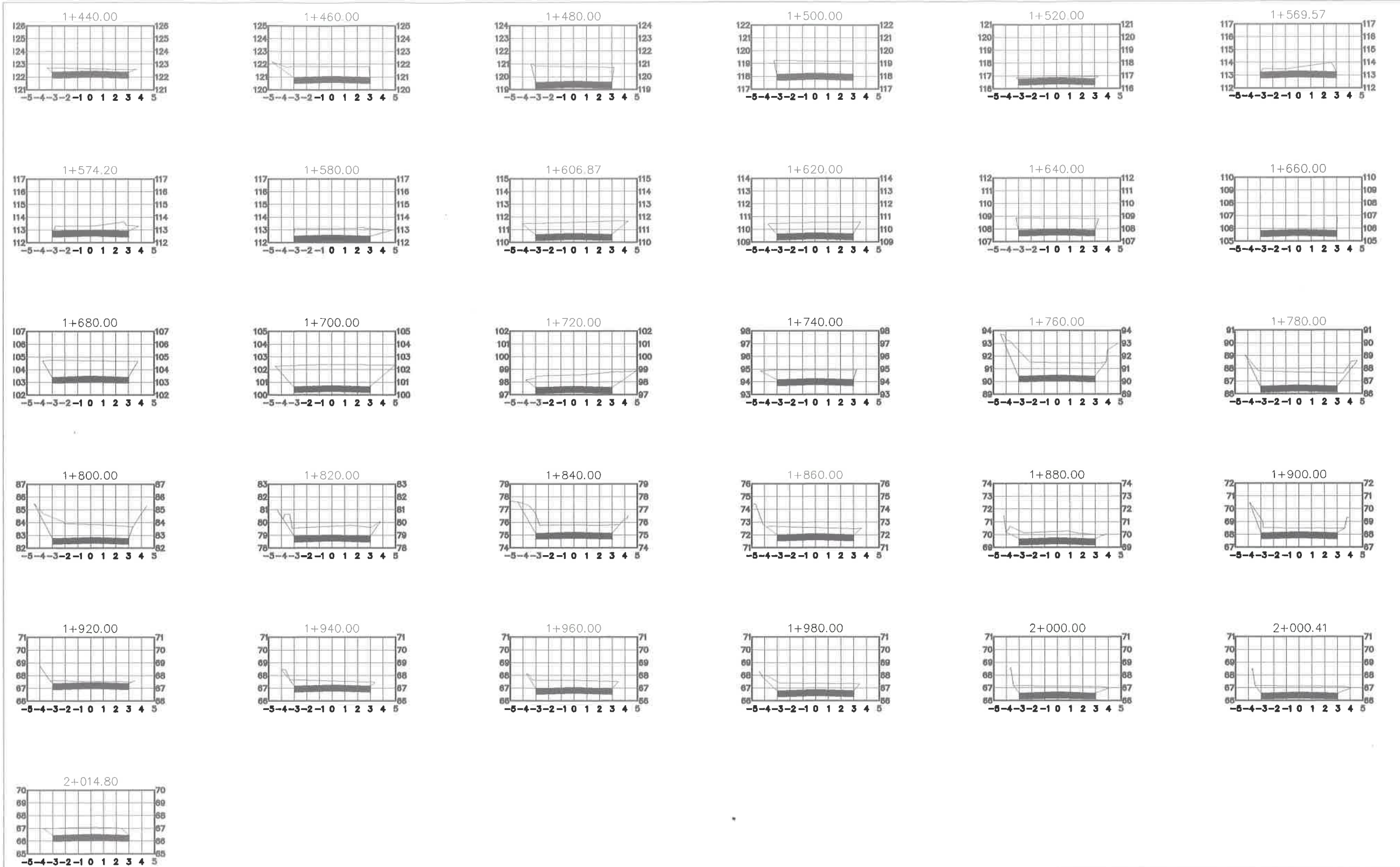
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA			
PROYECTO:	PROYECTO:	PROYECTO:	PROYECTO:
EPS ALVARO GÓMEZ	ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO	EPS ALVARO GÓMEZ	NOVIEMBRE DEL 2017
CARRETERA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO			
SECCIONES TRANSVERSALES (EST. 0+000.00 A EST. 0+700.00)			ESCALA: 1:200
9			12

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4.438



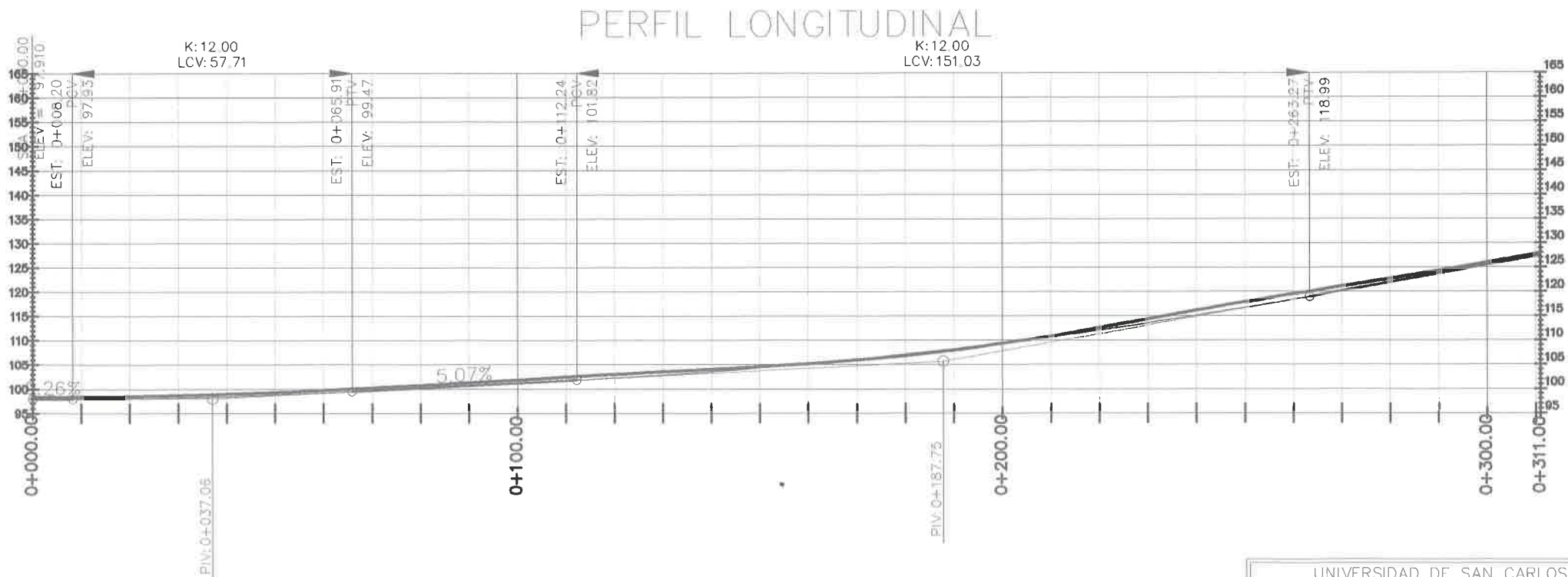
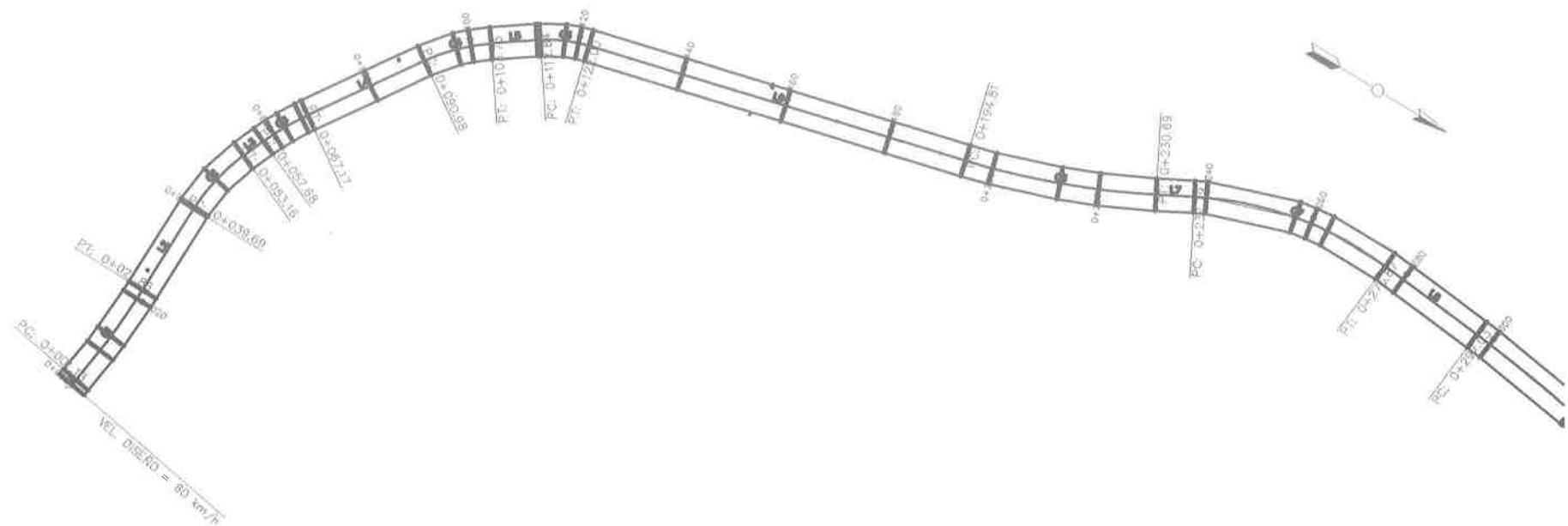
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA		
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA		
TITULO: EPS ALVARO GOMEZ	EDIFICACION: ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO	EDIFICIO: EPS ALVARO GOMEZ
DISEÑO: EPS ALVARO GOMEZ		FECHA: NOVIEMBRE DEL 2017
PREPROYECTO: CARRETERA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO		
SECCIONES TRANSVERSALES (EST. 0+700.00 A EST. 1+420.00)		ESCALA: 1:200
		
AUTOS NO. 1548 CHAVIS CARLOS		

Juan Carlos Garrido López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



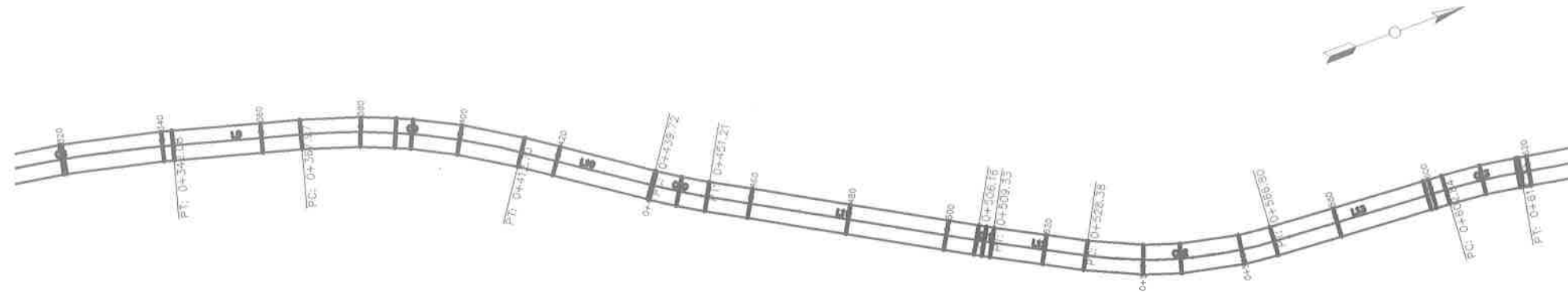
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA		
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA		
PROYECTO: EPS ALVARO GÓMEZ	UBICACIÓN: ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO	FECHA: NOVIEMBRE DEL 2017
PROYECTO: CARRETERA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO		
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES (EST. 1+420.00 A EST. 2+014.80)		ESCALA: 1:200
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px;"></div>		<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">11</div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; text-align: center;">12</div>

Juan Carlos Carrido López
 INGENIERO CIVIL
 Colegiado 4,438

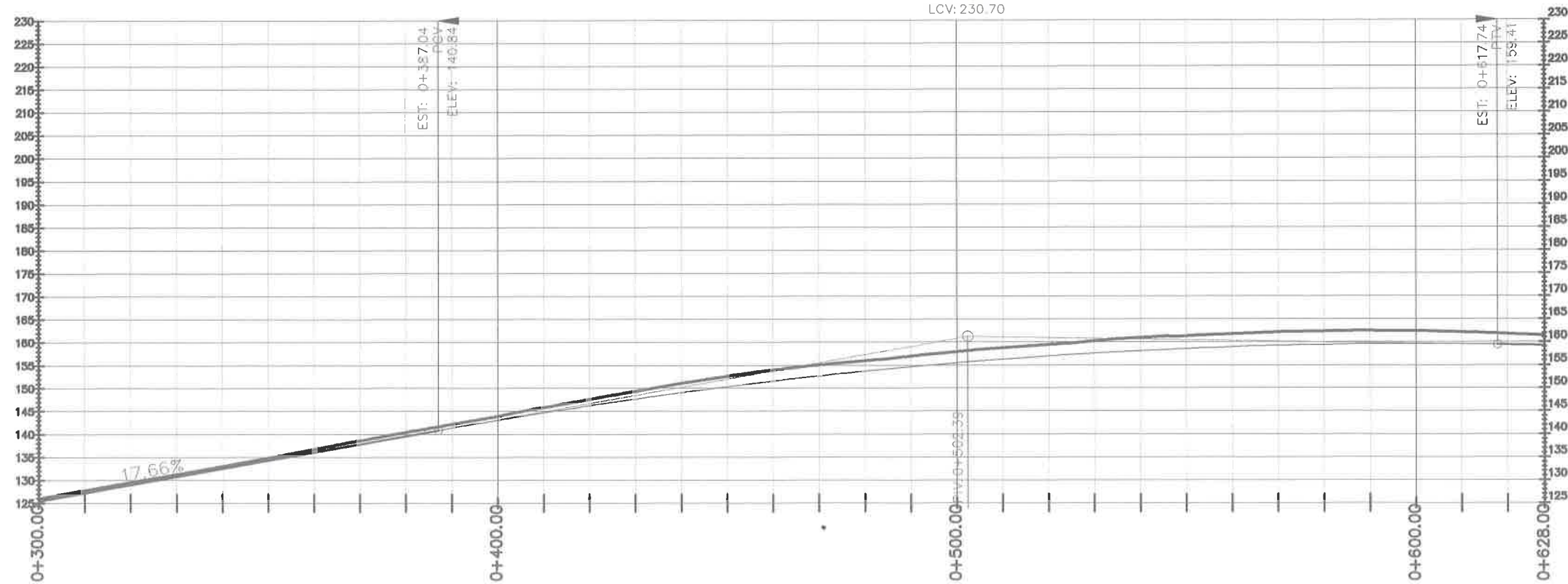


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA			
DISEÑO: EPS ALVARO GÓMEZ	LUGAR: ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO	CALENTE: EPS ALVARO GÓMEZ	FECHA: NOVIEMBRE DEL 2017
PROYECTO: CARRETERA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO			
DISEÑO: PLANTA-PERFIL (DE EST. 0+000.00 A EST. 0+311.00)		ESCALA: HORIZONTAL 1:50 VERTICAL 1:50	
AUTOR: ING. ANA CARLOS CARRASCO		FOLIO: 2	TOTAL: 12

Juan Carlos Garrido López
 INGENIERO CIVIL
 Colegiado 4,438

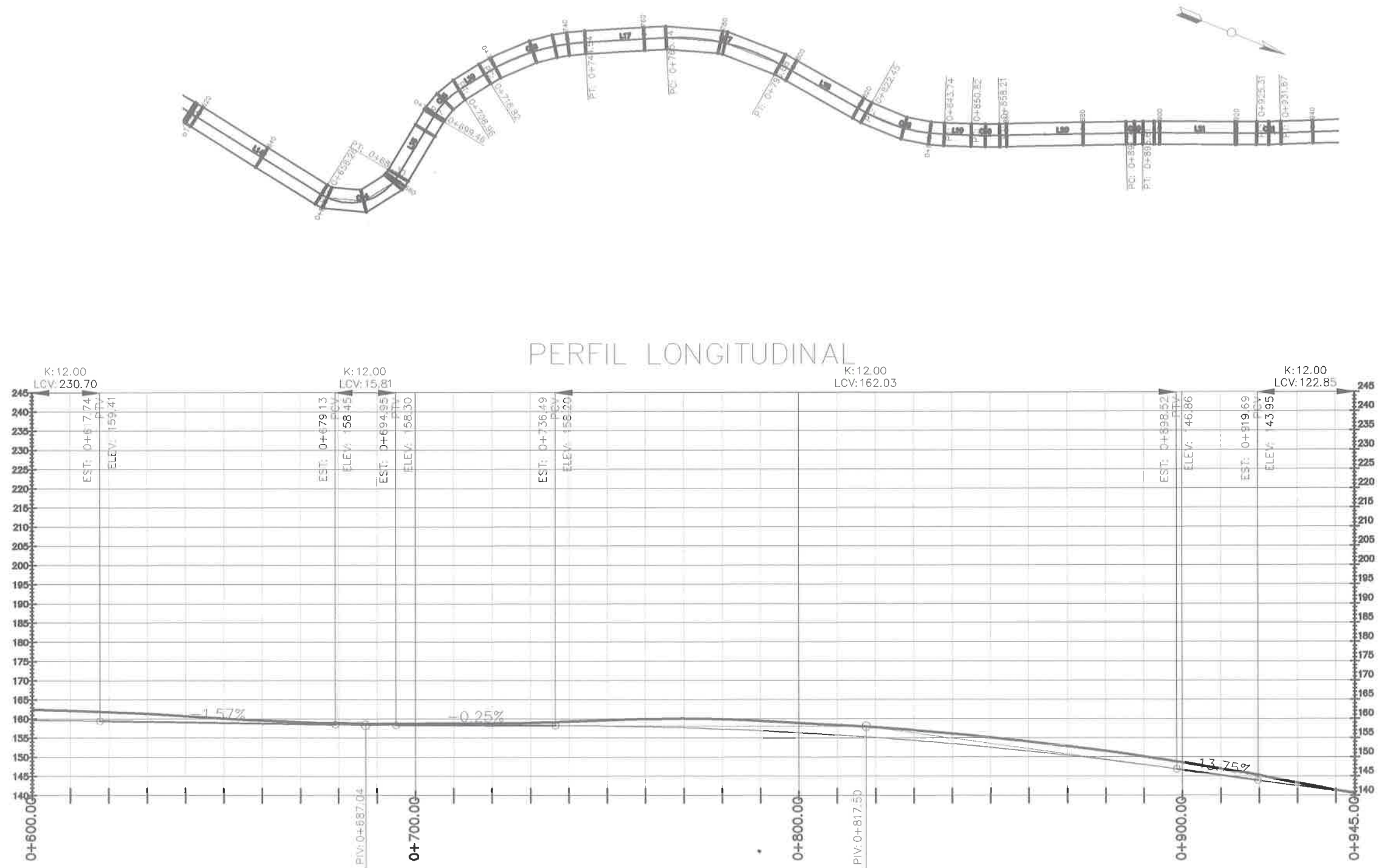


PERFIL LONGITUDINAL K: 12.00 LCV: 230.70



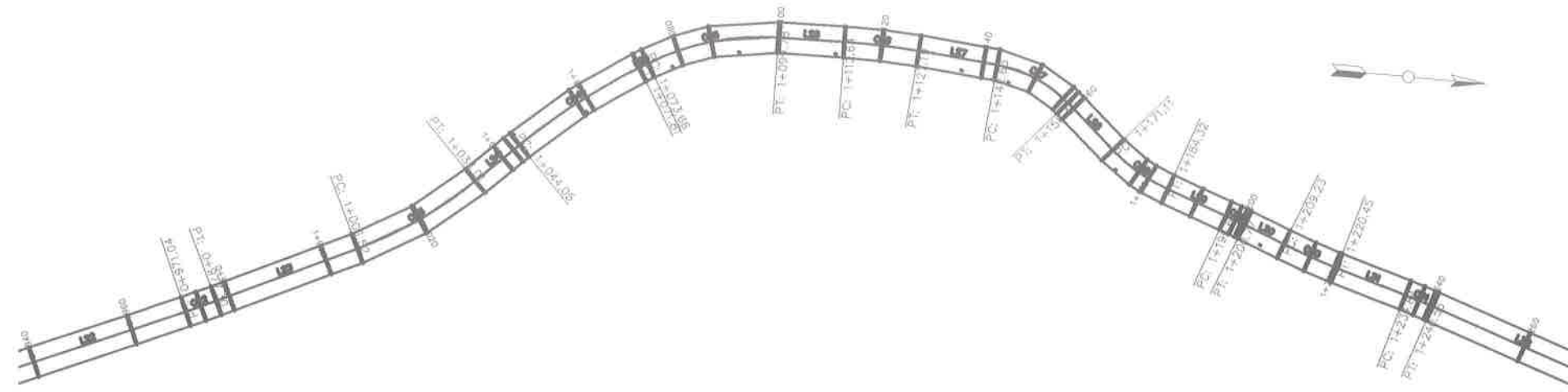
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA			
PROYECTO:	CARRETERA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO		
CLIENTE:	EPS ALVARO GÓMEZ	PROYECTO:	EPS ALVARO GÓMEZ
PROYECTO:	ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO	PROYECTO:	NOVIEMBRE DEL 2017
CONTENIDO:	PLANTA-PERFIL (DE EST. 0+311.00 A EST. 0+628.00)		
AUTOR DEL DISEÑO: JUAN CARLOS GARRIDO		Escala: HORIZONTAL 1/250 VERTICAL 1/750	
3		12	

Juan Carlos Garrido López
Ingeniero Civil
Colegiado 4,438

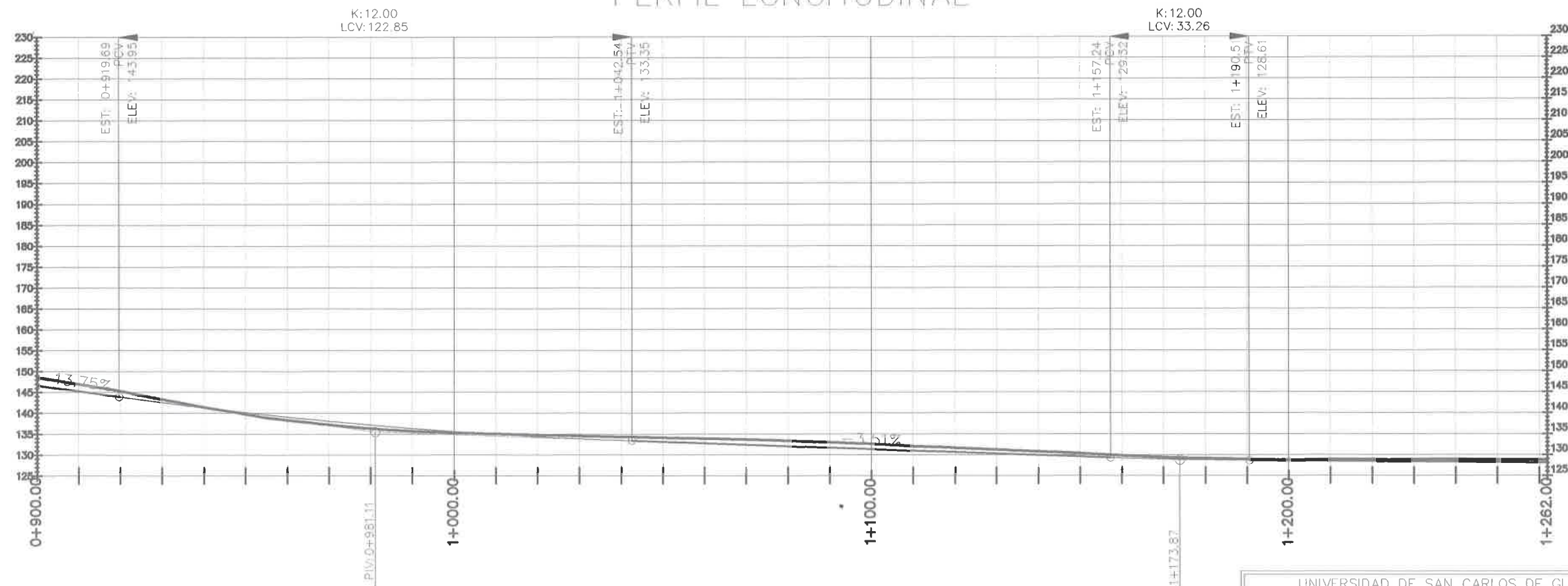


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA			
CLIENTE: EPS ALVARO GÓMEZ	UBICACIÓN: ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO	ELABORÓ: EPS ALVARO GÓMEZ	
CLIENTE: EPS ALVARO GÓMEZ		FECHA: NOVIEMBRE DEL 2017	
PROYECTO: CARRETERA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO			
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL (DE EST. 0+628.00 A EST. 0+945.00)		ESCALA: HORIZONTAL 1:100 VERTICAL 1:100	
		4 / 12	

Juan Carlos Garrido López
 INGENIERO CIVIL
 Colegiado 4,438

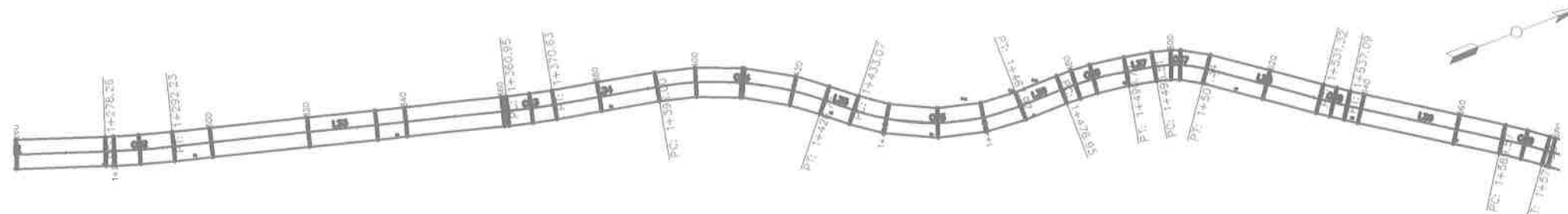


PERFIL LONGITUDINAL



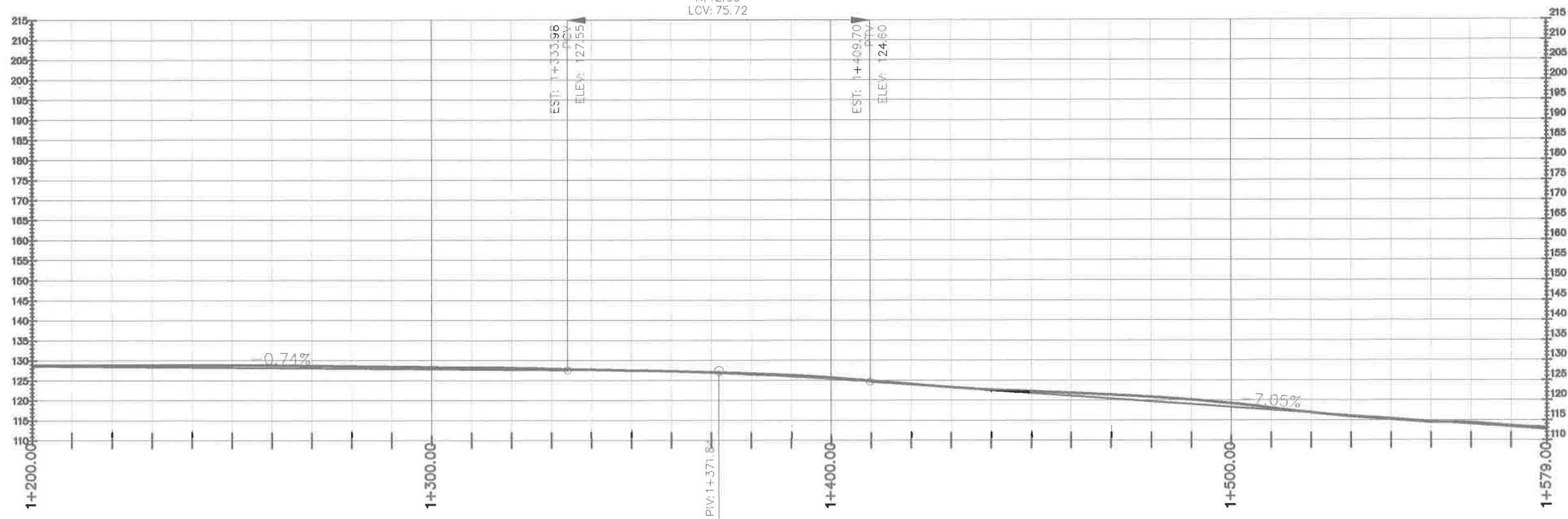
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA			
OPERA: EPS ALVARO GÓMEZ	UBICACION: ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO	CALEN: EPS ALVARO GÓMEZ	
OPERA: EPS ALVARO GÓMEZ		FECHA: NOVIEMBRE DEL 2017	
PROYECTO: CARRETERA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO			
DESCRIPCION: PLANTA-PERFIL (DE EST. 0+945.00 A EST. 1+262.00)		ESCALA: HORIZONTAL 1:500 VERTICAL 1:100	
NOTA: ASISTENTE: JUAN CARLOS CAMACHO		5 / 12	

Juan Carlos Camacho
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



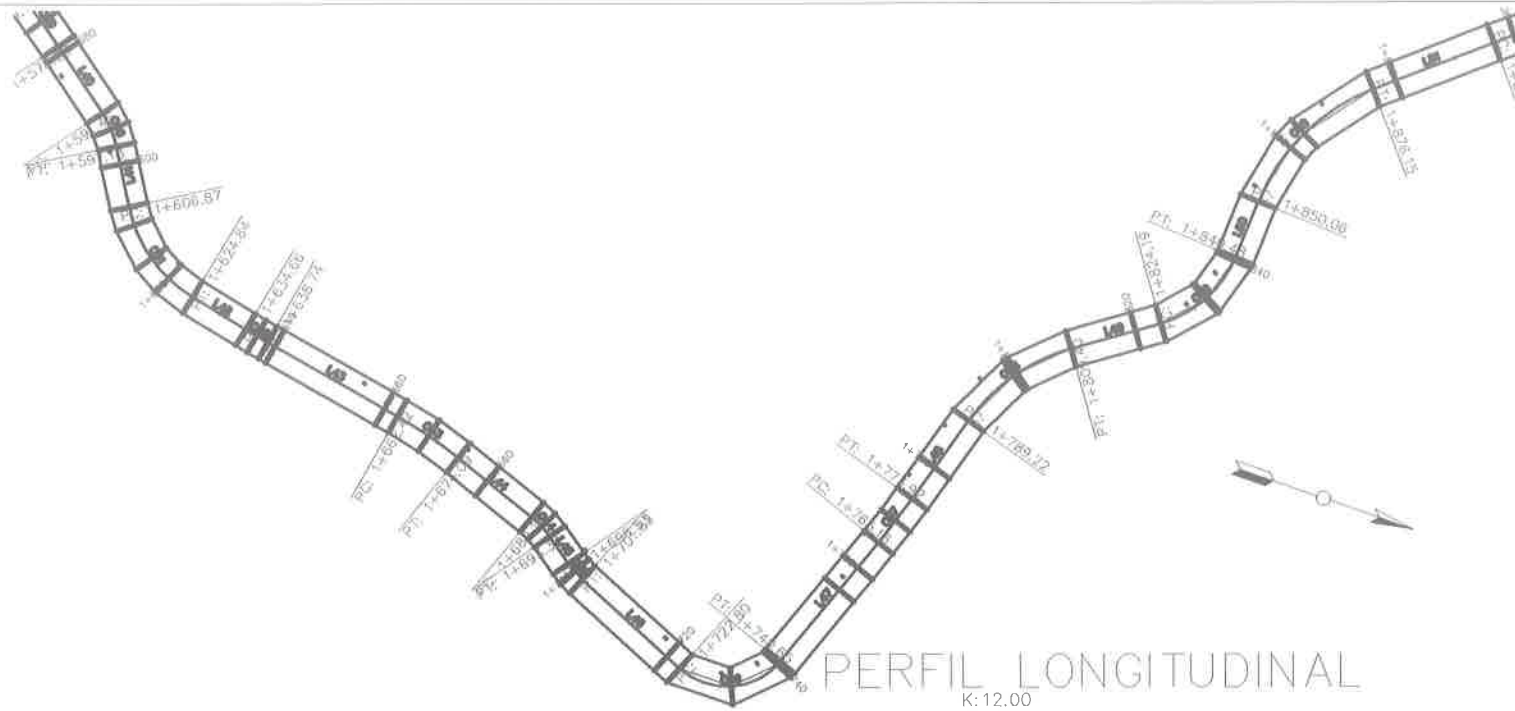
PERFIL LONGITUDINAL

K: 12.00
LCV: 75.72

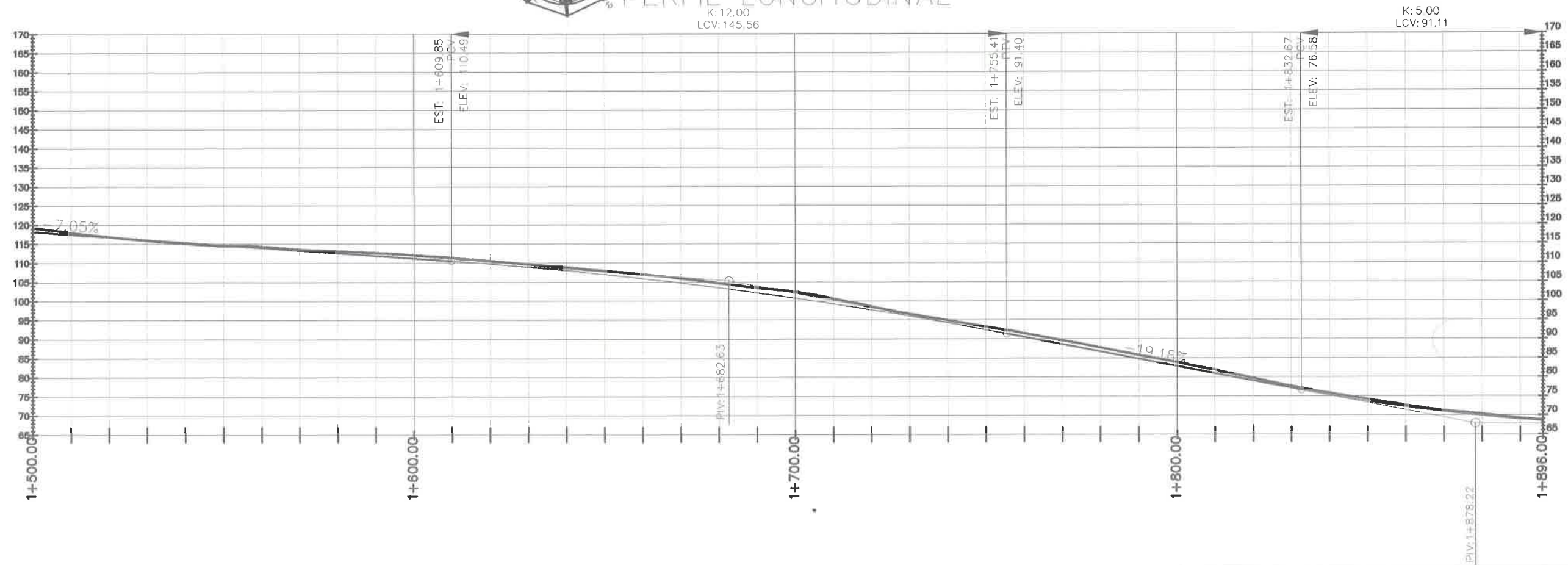


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA		
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA		
BOLETA: EPS ALVARO GÓMEZ	UBICACIÓN: ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO	CALENDA: EPS ALVARO GÓMEZ
FECHA: EPS ALVARO GÓMEZ		FECHA: NOVIEMBRE DEL 2017
PROYECTO: CARRETERA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO		
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL (DE EST 1+262.00 A EST 1+579.00)		ESCALA: HORIZONTAL 1:500 VERTICAL 1:750
AUTOR: ING. CARLOS GARCÍA LÓPEZ		HOJA: 6 / 12

Juan Carlos García López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438



PERFIL LONGITUDINAL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA		
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA		
UNIVERSITARIO EPS ALVARO GÓMEZ	UBICACIÓN ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO	FECHA NOVIEMBRE DEL 2017
PROYECTO CARRETERA ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO		
CONTENIDO PLANTA-PERFIL (DE EST 1+579.00 A EST 1+896.00)		ESCALA HORIZONTAL 1:100 VERTICAL 1:100
AUTOR JUAN CARLOS CÁRDENAS		HOJA 7 DE 12

Juan Carlos Cárdenas López
INGENIERO CIVIL
Colegiado 4,438

ANEXOS

Anexo 1. Boleta de evaluación de riesgo

EVALUACIÓN RÁPIDA DE DAÑO EN VIVIENDA

1. DATOS PERSONALES
 Hombre: _____ No. de evaluación: ____ / ____
 Mujer: _____
 DPI: _____ Tel.: _____
 DPI: _____ Tel.: _____

2. UBICACIÓN DE LA VIVIENDA
 Departamento: _____ Municipio: _____
 Dirección: _____ Lugar poblado: _____
 Latitud: _____ Longitud: _____
 Área urbana ☐ Área rural ☐ Año de construcción: _____

3. EVENTO
 Nombre del evento: _____
 Fecha del evento: _____

6. CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA CON RELACIÓN AL TERRENO:

Asestamiento diferencial o hundimiento	Corrimiento de suelo	Agrietamiento de suelo	Deslizamiento o movimiento de ladera	Falla o colapso de talud

7. EN CASO DE INUNDACIÓN
 Nivel del agua H en metros: _____
 Fuerza de la corriente: _____
 No perceptible ☐ Lento ☐ Medio ☐ Fuerte ☐

8. CONDICIONES DEL SITIO

Corona

Condición especial: _____

4. PROPIEDAD DE LA VIVIENDA
 Alquilada ☐ Propia ☐ Otros: _____

5. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA
 No. de niveles: _____ No. ambientes: _____

Uso del inmueble Vivienda unifamiliar <input type="checkbox"/> Comercio <input type="checkbox"/> Vivienda colectiva <input type="checkbox"/> Vivienda multifamiliar (edificios) <input type="checkbox"/>	Servicios básicos Energía eléctrica <input type="checkbox"/> Agua entubada <input type="checkbox"/> Pro: <input type="checkbox"/> Drenaje sanitario <input type="checkbox"/> Latarea <input type="checkbox"/>	Configuración estructural Concreto reforzado <input type="checkbox"/> Mampostería <input type="checkbox"/> Madera <input type="checkbox"/> Adobe o Balneario <input type="checkbox"/> Otros: _____	Indicador de daños por eventos anteriores SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Otros valores: _____
Material de techo predominante Ladrillo <input type="checkbox"/> Losa (perforada) <input type="checkbox"/> Madera <input type="checkbox"/> Teja <input type="checkbox"/>	Material de muros predominante Ladrillo <input type="checkbox"/> Adobe <input type="checkbox"/> Piedra <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Mito <input type="checkbox"/>	Material de piso predominante Tierra <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Piso (cerámico o granito) <input type="checkbox"/> Madera <input type="checkbox"/>	Material de gas interior predominante Tierra <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Piso (cerámico o granito) <input type="checkbox"/> Madera <input type="checkbox"/>

Página 1/2

Continuación de anexo 1.

[illegible]

Fuente: elaborado por mesa técnica conformada por DMP, INSIVUMEH y ESFR-ISMUGUA.

Anexo 2. Estudio de suelos



VESTIGIUM

CONSULTORIA, DESARROLLO & PLANIFICACIÓN
ARQUITECTURA Y INGENIERIA
MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

Ubicación aérea de donde se desarrollará el proyecto.



Proyecto: MEJORAMIENTO CALLE PRINCIPAL EN ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO, SANTA CATARINA PINULA.

Ubicación: Calle principal, Aldea Piedra Parada el Rosario, Zona 6, Santa Catarina Pinula.

LONGITUD

- ✓ 90° 26' 49.03" O inicio de tramo
- ✓ 90° 26' 54.89" O fin de tramo

LATITUD

- ✓ 14° 34' 33.07" N inicio de tramo
- ✓ 14° 35' 27.81" N inicio de tramo

ALTITUD

- ✓ 1,845 metros sobre el nivel del mar, tramo inicial.
- ✓ 1,827 metros sobre el nivel del mar, tramo final.



VESTIGIUM

CONSULTORIA, DESARROLLO & PLANIFICACIÓN
ARQUITECTURA Y INGENIERIA
MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

EXPLORACIÓN SUPERFICIAL:

El área de construcción del proyecto está ubicada en la calle principal de la Aldea Piedra Parada El Rosario. La calle cuenta con viviendas y una pendiente considerable. Para realizar el estudio de suelos se realizó una calicata con dimensiones de 1.00x1.00x1.00m, los cuales se ubicaron a lo largo del tramo.

EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO:

Para conocer las propiedades físicas y mecánicas de los suelos se realizó la extracción de muestras alteradas de una calicata realizada.

Los trabajos realizados para la obtención de la muestra fueron los siguientes:

- Extracción de muestras para realizar el ensayo granulométrico (AASHTO T11-T27. El análisis granulométrico es determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo dada.
- Extracción de muestras para realizar el ensayos de Limites de Atterberg (AASHTO T090-00: Standard Method of Test for Determining the Plastic Limit and Plasticity index of Soils ASTM D424-54 (1982): Standard Method of Test for Plastic Limit); (AASHTO T089-02: Standard Method of Test for Determining the Liquid Limit of Soils ASTM D423-66 (1982): Method of Test for Liquid Limit of Soils). Son propiedades índices de los suelos, con que se definen la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo.
- Extracción de muestras para realizar el ensayo de Compactación Proctor (AASHTO T180-01: Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 4.54 kg (10 lb) Rammer and a 457 mm (18 in) ASTM D1557-07: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ [2,700 kN-m/m³])). Se entiende por compactación todo proceso que aumente el peso volumétrico de un material granular. En general, es conveniente compactar un suelo para:
 - Aumentar la resistencia al corte y por consiguiente, mejorar la estabilidad y la capacidad de carga de cimentaciones, pavimentos.
 - Disminuir la compresibilidad y así reducir los asentamientos.
 - Disminuir la relación de vacíos y por consiguiente, reducir la permeabilidad.
- Extracción de muestras para realizar el ensayo de CBR AASHTO T193-99: Standard Method of Test for the California Bearing Ratio ASTM D1883-07:

Continuación anexo 2.



VESTIGIUM

CONSULTORIA, DESARROLLO & PLANIFICACIÓN
ARQUITECTURA Y INGENIERIA
MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils. El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un porcentaje de la relación de soporte.

Estos ensayos son procedimientos estandarizados extraídos de las siguientes normas y manuales internacionales:

- ASTM: American Section of the International Association for Testing Materials
- AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials

Continuación anexo 2.



VESTIGIUM
CONSULTORIA, DESARROLLO & PLANIFICACIÓN
ARQUITECTURA Y INGENIERIA
MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

RESULTADO MUESTRA No. 1

Continuación anexo 2.



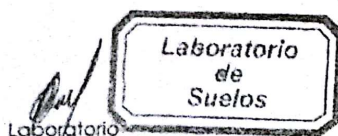
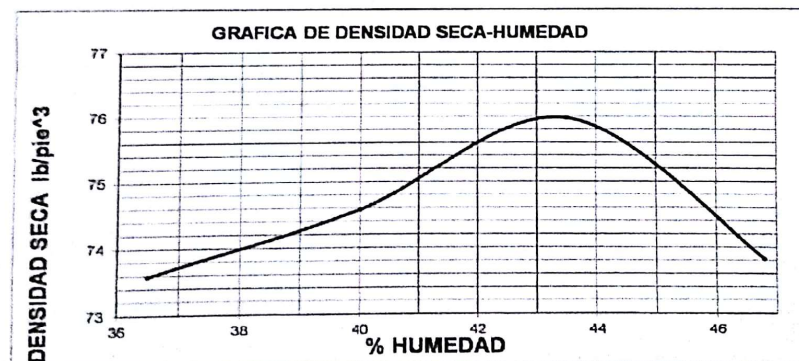
VESTIGIUM

CONSULTORIA, DESARROLLO & PLANIFICACIÓN
ARQUITECTURA Y INGENIERIA
MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

RESULTADOS DE LABORATORIO: COMPACTACIÓN PROCTOR

Interesado:	Municipalidad de Santa Catarina Pinula		
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.	Proctor Estándar:	()	Norma:
	Proctor Modificado:	(X)	Norma: AASTHO T-180
Proyecto: MEJORAMIENTO CALLE PRINCIPAL EN ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO,			
SANTA CATARINA PINULA			
Ubicación: Aldea Piedra Parada El Rosario			
Fecha: Junio del 2016			

Descripción del suelo	Arcilla color café	
Densidad seca máxima yd:	1,218 Kg/m ³	76.0 lb/pe ³
% de Humedad Óptima :	0.433	



ROMEO E. ZACARIAS
 Ingeniero Civil
 Colegiado No. 9304
 Romeo Encarnación Zacarias
 Ingeniero Civil
 Responsable Laboratorio

Continuación anexo 2.



VESTIGIUM

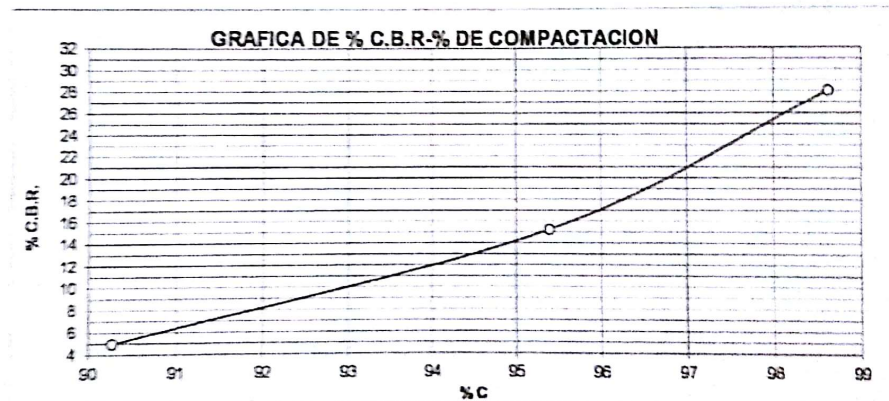
CONSULTORIA, DESARROLLO & PLANIFICACIÓN
ARQUITECTURA Y INGENIERIA
MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

VALOR SOPORTE CALIFORNIA CBR

Interesado:	Municipalidad de Santa Catarina Pinula
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.)	Norma AASHTO T 193, ASTM D-1683.

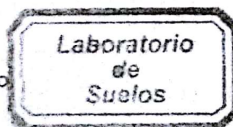
Proyecto: MEJORAMIENTO CALLE PRINCIPAL EN ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO, SANTA CATARINA PINULA
Ubicación: Aldea Piedra Parada El Rosario
Fecha: Junio del 2016

Descripción del suelo	Arcilla color café
-----------------------	--------------------



PROBETA	GOLPES	PUS DE COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	(Lb/pie²)	(%)	(%)	(%)
1	10	43.5	68.6	90.3	2.50	5.0
2	30	43.5	72.5	95.4	2.61	15.2
3	65	43.5	75.0	98.6	2.39	28.0

Lab
Laboratorio



Romeo E. Zacarías
ROMEO E. ZACARÍAS
Ingeniero Civil
Colegiado No. 9304
Romeo Encarnación Zacarías
Ingeniero Civil
Responsable Laboratorio

Continuación anexo 2.



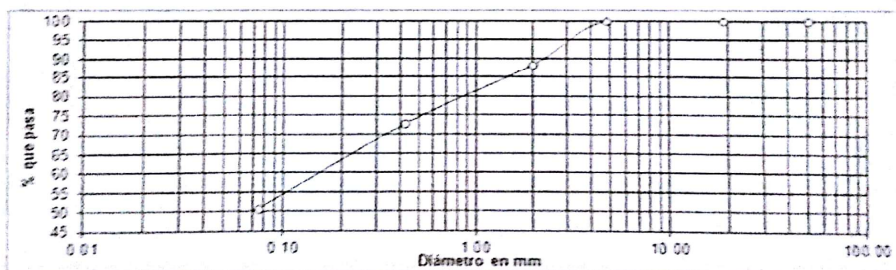
VESTIGIUM

CONSULTORIA, DESARROLLO & PLANIFICACIÓN
ARQUITECTURA Y INGENIERIA
MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

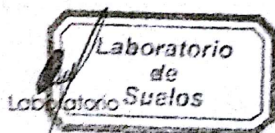
RESULTADOS DE LABORATORIO: GRANULOMETRIA

Interesado:	Municipalidad de Santa Catarina Pinula
Asunto: Analisis Granulometrico	Norma AASHTO T-11 y T-27
Proyecto: MEJORAMIENTO CALLE PRINCIPAL EN ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO, SANTA CATARINA PINULA	
Ubicación: Aldea Piedra Parada El Rosario	
Fecha: Junio del 2016	

Análisis con Tamices:			% de Grava:	0
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa	% de Arena:	49.22
2"	50.8	100	% de finos:	50.78
3/4"	19	100	NORMA AASHTO T-11 Y T-27	
4	4.75	100		
10	2	88.28		
40	0.425	72.66		
200	0.075	50.78		



Descripción de suelo:	Arcilla Color Café		
Clasificación: S.C.U.	MH	P.R.A.	A-7-5



ROMEO E. ZACARÍAS
Ingeniero Civil
Código No. 9304
Romeo Zacarías
Ingeniero Civil
Responsable Laboratorio

Continuación anexo 2.



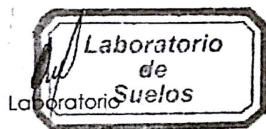
VESTIGIUM

CONSULTORIA, DESARROLLO & PLANIFICACIÓN
ARQUITECTURA Y INGENIERIA
MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

RESULTADOS DE LABORATORIO: LIMITES DE ATTERBERG

Interesado:	Municipalidad de Santa Catarina Pinula
Asunto: LIMITES DE ATTERBERG	Norma AASHTO T 89, T-90.
Proyecto: MEJORAMIENTO CALLE PRINCIPAL EN ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO.	
SANTA CATARINA PINULA	
Ubicación: Aldea Piedra Parada El Rosario	
Fecha: Junio del 2016	

Ensayo	Muestra	L.L.	I.P.	Clasificación	Descripción del suelo
No.	No.	(%)	(%)		
1	1	70.5	19.8	MH	Arcilla color café
(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD					



ROMEO E. ZACARÍAS
Ingeniero Civil
Categoría No.9304
Romero Edificación Zacarias
Ingeniero Civil
Responsable Laboratorio

Continuación anexo 2.



VESTIGIUM
CONSULTORIA, DESARROLLO & PLANIFICACIÓN
ARQUITECTURA Y INGENIERIA
MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

RESULTADO MUESTRA No. 2

Continuación anexo 2.



VESTIGIUM

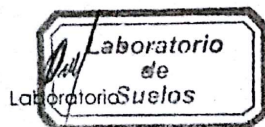
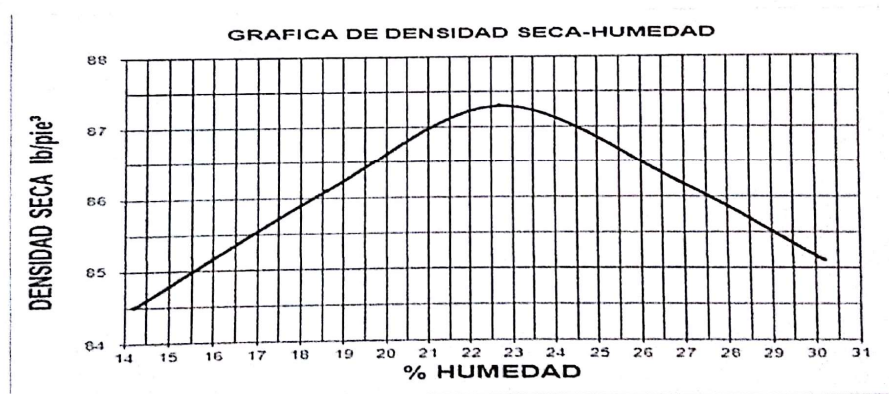
CONSULTORIA, DESARROLLO & PLANIFICACIÓN
ARQUITECTURA Y INGENIERIA
MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

RESULTADOS DE LABORATORIO: COMPACTACIÓN PROCTOR

Interesado:	Municipalidad de Santa Catarina Pinula	
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.	Proctor Estándar: ()	Norma:
	Proctor Modificado: (X)	Norma: AASTHO T-180
Proyecto: MEJORAMIENTO CALLE PRINCIPAL EN ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO, SANTA CATARINA PINULA		
Ubicación: Aldea Piedra Parada El Rosario		
Fecha: Junio del 2016		

Descripción del suelo	Limo Arenoso color café	
Densidad seca maxima yd:	1400.15 Kg/m ³	87.4 lb/pe ³
% de Humedad Óptima :	22.8	

MUESTRA 2



Romeo E. Zacarias
Romeo E. ZACARIAS
Ingeniero Civil
Colegiado No. 9304
Ingeniero Civil
Responsable Laboratorio

Continuación anexo 2.



VESTIGIUM

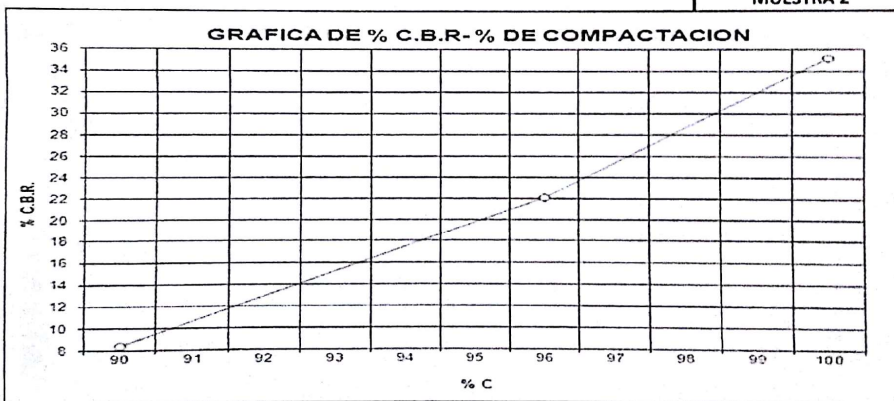
CONSULTORIA, DESARROLLO & PLANIFICACIÓN
ARQUITECTURA Y INGENIERIA
MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

VALOR SOPORTE CALIFORNIA CBR

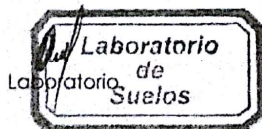
Interesado:	Municipalidad de Santa Catarina Pinula
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.)	Norma AASHTO T 193, ASTM D-1883.

Proyecto: MEJORAMIENTO CALLE PRINCIPAL EN ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO, SANTA CATARINA PINULA
Ubicación: Aldea Piedra Parada El Rosario
Fecha: Junio del 2016

Descripción del suelo	Limo Arenoso color café
	MUESTRA 2



PROBETA	GOLPES	PUS DE COMPACTACIÓN		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	yd(Lb/pie²)	(%)	(%)	(%)
1	10	22.8	79.1	90.5	-0.05	8.4
2	30	22.8	84.2	96.34	-0.04	22.1
3	65	22.8	87.40	100	0.06	35.2



ROMEO E. ZACARÍAS
Ingeniero Civil
Colegiado No.9304
Romeo Encarnación Zacarías
Ingeniero Civil
Responsable Laboratorio

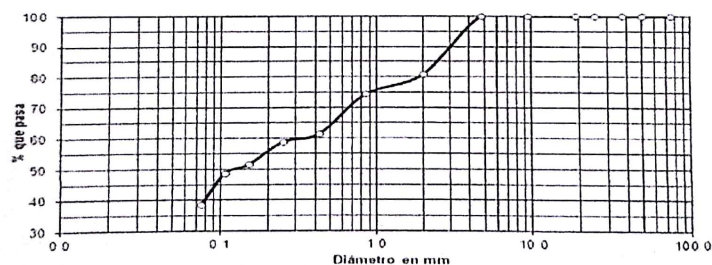


CONSULTORIA, DESARROLLO & PLANIFICACIÓN
ARQUITECTURA Y INGENIERIA
MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

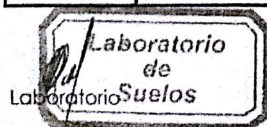
Interesado:	Municipalidad de Santa Catarina Pinula	
Asunto:	Análisis Granulométrico	Norma AASHTO T-11 y T-27

Fecha: Junio del 2016

MUESTRA 2



Descripción del suelo:	Limo Arenosa Color Café		PORCENTAJES Y DIAMETROS		
			% de Grava:	0.06	D10: NA
Clasificación:	S.C.U.:	ML	% de Arena:	61.55	D30: NA
	P.R.A.:	A-4	% de finos:	38.39	D60: 0.35 mm



ROMEO E. ZACARÍAS
Ingeniero Civil
Colegiado No.9304
Romeo Encarnación Zacarias
Ingeniero Civil
Responsable Laboratorio

Continuación anexo 2.



VESTIGIUM

CONSULTORIA, DESARROLLO & PLANIFICACIÓN
ARQUITECTURA Y INGENIERIA
MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

RESULTADOS DE LABORATORIO: LIMITES DE ATTERBERG

Interesado:	Municipalidad de Santa Catarina Pinula
Asunto: LIMITES DE ATTERBERG	Norma AASHTO T 89, T-90.

Proyecto: MEJORAMIENTO CALLE PRINCIPAL EN ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO, SANTA CATARINA PINULA
Ubicación: Aldea Piedra Parada El Rosario
Fecha: Junio del 2016

MUESTRA 2

Ensayo No.	Muestra No.	L.L. (%)	I.P. (%)	Clasificación	Descripción del suelo
2	2	36.1	9.7	ML	Limo arenoso color café
(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD					



Romero E. Zacarías
Romero E. Zacarías
Ingeniero Civil
Colegiado No. 9304
Ingeniero Civil
Responsable Laboratorio

Continuación anexo 2.



VESTIGIUM
CONSULTORIA, DESARROLLO & PLANIFICACIÓN
ARQUITECTURA Y INGENIERIA
MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

INFORME FOTOGRÁFICO

Continuación anexo 2.



VESTIGIUM

CONSULTORIA, DESARROLLO & PLANIFICACIÓN
ARQUITECTURA Y INGENIERIA
MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

INFORME FOTOGRÁFICO

Proyecto: MEJORAMIENTO CALLE PRINCIPAL EN ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO,
SANTA CATARINA PINULA

EXCAVACIÓN MUESTRA No. 2



Continuación anexo 2.



VESTIGIUM

CONSULTORIA, DESARROLLO & PLANIFICACIÓN
ARQUITECTURA Y INGENIERIA
MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

INFORME FOTOGRÁFICO

Proyecto: MEJORAMIENTO CALLE PRINCIPAL EN ALDEA PIEDRA PARADA EL ROSARIO,
SANTA CATARINA PINULA

EXCAVACIÓN MUESTRA No. 1



Fuente: elaborado por Laboratorio de Suelos VESTIGIUM.